АКАДЕМИЯ НАУК СССР

Научно-популярная серия

В. И. КЛАССЕН

ВОДА И МАГНИТ



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»

Москва 1973

В книге освещена новая научно-техническая проблема, имеющая большое практическое значение,— изменение свойств воды, содержащей примеси, под воздействием электромагнитных полей. Описаны различные методы магнитной обработки водных систем (растворов, суспензий и др.) и изменения в результате этого их физических и физико-химических свойств. Приведены многочисленные примеры успешного применения магнитной обработки водных систем в различных отраслях промышленности, в биологии и сельском хозяйстве. Рассмотрены гипотезы о механизме происходящих явлений и возникающие при этом проблемы.

Книга будет интересна как специалистам, так и широкому кругу читателей, интересующихся современными проблемами науки и техники.

$\frac{2\text{-}5\text{-}4\ 0713}{042(02)\text{—}73}$ 2—73 НПЛ

Посвящается
моему учителю и другу
Петру Александровичу Ребиндеру

ОТ АВТОРА

Трудно назвать вещество, имеющее столь огромное значение для человечества, как вода. Недаром у древних народов наряду с культом Солнца существовал культ Воды. Гимны воде поются и в наше время. Примером тому может служить книга Н. Н. Горского «Вода — чудо природы» (М., «Наука», 1962 г.). Но один из главных тезисов этой книги представляется мне принципиально неправильным. Там сказано: «Наука знает о воде достаточно». И это мнение не только автора, но и большинства ученых. Однако подавляющее число научных исследований о воде носит познавательный характер. Конечно, на определенной стадии развития науки это очень важно, но необходим и следующий шаг — максимальное использование чудесных особенностей воды в практических целях. А в этом направлении сделано пока мало. Вода, как и другие жидкости, не стала главным объектом исследования физиков. Теория жидкостей, особенно ассоциированных (к которым относится вода), — слабо разработанный раздел теоретической физики. Этому трудно найти разумное объяснение: слишком велика роль воды в жизни человечества.

Такое положение, возможно, могло бы сохраняться неопределенно долго, если бы в последнее десятилетие во многих странах ученые, инженеры и биологи не столкнулись со странными эффектами, необычными и даже парадоксальными. Нашлись исследователи, которые не прошли мимо этих парадоксов, задумались над ними, помня, что «научные истины всегда парадоксальны, если судить на основании повседневного опыта, который улавливает лишь обманчивую видимость вещей»[1]. Так возникла проблема направленного изменения свойств воды и систем, ее содержащих, различными физическими воздействиями, в частности действием магнитных полей.

Магнитные поля мы выделили здесь лишь потому, что они больше в этом отношении исследованы. Вообще же

[1] *К. Маркс* и *Ф. Энгельс.* Сочинения, т. 16, стр. 131.

говоря, представляет интерес действие на воду всех видов излучений, имеющих электромагнитную природу. Спектр электромагнитных волн имеет широчайший частотный диапазон — от $3 \cdot 10^{24}$ до $3 \cdot 10^{-2}$ герц. Вся область с частотой меньше $3 \cdot 10^{2}$ герц условно относится к электромагнитным полям. Природа образует полный комплект таких волн — Солнце излучает широкий диапазон радиоволн, от метровых до сантиметровых; магнитное и электромагнитное поля Земли характеризуются самыми низкими (инфранизкими) частотами. Искусственно могут получаться поля самых различных частот. Пока при магнитной обработке водных систем рассматривалось воздействие на них низкочастотных электромагнитных полей. Но это пока. В дальнейшем, надо полагать, будет изучено действие всего спектра частот, в том числе и инфранизких.

Сейчас проблема воды — одна из актуальнейших проблем века — приобретает новое звучание. Если раньше она сводилась к изысканию и рациональному использованию пресной воды и ее очистке, то теперь с полным основанием можно рассматривать новый аспект проблемы — направленное изменение свойств воды с помощью внешних физических воздействий.

При систематизации разрозненных сведений из области магнитной обработки водных систем в технике и биологии вырисовывается чрезвычайно крупная, многогранная проблема, связанная с такими фундаментальными областями науки, как физика жидкостей, магнитобиология и др. При этом отмечаются новые явления, в ином свете предстают явления известные, открываются возможности повысить эффективность отдельных отраслей промышленности, медицины, сельского хозяйства.

Проблема изменения свойств водных систем под воздействием электромагнитных полей еще очень молода. Поэтому обобщение ее данных связано с определенными трудностями — появление дополнительных сведений вызывает необходимость внесения существенных уточнений. Много нового появилось, пока книга была в печати, еще больше нового неизбежно появится после выхода книги в свет, поэтому автор отлично сознает лишь относительную завершенность проделанной работы.

Учитывая это, хотелось бы закончить словами древних летописцев: «Еже аз писах и недописах или переписах — не кляни бога для, а возьми да поправь!»

Глава 1

ПРЕДЫСТОРИЯ ВОПРОСА

Влияние магнитов на людей, животных, растения и химические реакции исследовалось еще в глубокой древности. В наше время это привело к возникновению и развитию таких научных направлений, как магнетохимия, магнитная биология.

Первые сведения о влиянии магнитов на свойства воды были получены в медицине. Еще в XIII в. женевский физик де Герсю заметил положительное действие на человеческий организм воды, ранее побывавшей в магнитном поле. В начале XX в. вышла в свет книга французского врача Г. Дюрвилля с описанием успешного лечения «омагниченной» водой ран и язв, которая в 1913 г. была переведена на русский язык [1].

В 30-х годах нашего столетия начал свои опыты Джорджио Пиккарди, житель Флоренции — родины гениального Галилея. Уже первые его наблюдения были столь необычны, что он долгое время не решался о них рассказать кому-либо. По признанию Пиккарди, первое сообщение он рискнул сделать астрономам, полагая, что именно они обладают наименее консервативным мышлением. Жизнь показала, что опасения Пиккарди были небезосновательны: его выводы только сейчас начинают получать признание.

Пиккарди впервые отметил определенную связь между активностью Солнца и некоторыми изменениями свойств воды [2]. Обнаружилось статистически достоверное совпадение между вспышками на Солнце и скоростью оседания в воде мельчайших частиц оксихлорида висмута (получаемых гидролизом трихлорида висмута). Регулярные опыты по определенной методике проводились во Флоренции ежедневно в течение 10 лет. Всего было сделано более 250 тыс. наблюдений. Множество аналогичных опытов было поставлено в Брюсселе, Вене, Капруне и других ме-

стах нашей планеты. Все они дали близкие результаты. Любопытно, что такая корреляция между активностью Солнца и коагуляцией золя оксихлорида висмута ослабевала, если воду изолировали с помощью железного экрана.

Полученные данные позволили Пиккарди высказать гипотезу о влиянии на физико-химические свойства воды изменения геомагнитного поля под воздействием солнечной активности. Эта гипотеза итальянского ученого развивала представления советского гелиобиолога Александра Львовича Чижевского, который, опережая время, в своих работах, относящихся к 20-м годам, указывал на связь земных процессов с солнечной активностью [3].

Такая постановка вопроса уже сама по себе представлялась ученым-геоцентристам явной научной крамолой. Подобно англичанам, считающим свой дом своей крепостью, геоцентристы не допускали мысли о влиянии дыхания космоса на процессы, протекающие в их лабораториях, защищенных «надежными» стенами.

В наше время влияние солнечной активности на земные процессы считается доказанным. При вспышках на Солнце к Земле устремляется поток заряженных частиц-корпускул. Прорвавшись через земную магнитосферу, они создают вокруг себя переменные магнитные поля, легко отличимые от геомагнитного поля Земли. Колебания корпускул вызывают в проводящих слоях Земли индукционные переменные электрические токи. И вода, и люди, и все другие водные системы, периодически попадая в довольно сильные электромагнитные поля, невольно и неизбежно становятся участниками физического и биологического эксперимента. Особое влияние оказывает изменение геомагнитного поля, частота которого близка к некоторым биологическим ритмам.

Другим побудительным началом развития проблемы магнитной обработки воды явилось открытие бельгийского инженера Т. Вермайерна. В 1945 г. он запатентовал исключительный по простоте способ борьбы с накипью в паровых котлах: вода, содержащая соли жесткости, пропускалась сквозь магнитные поля, чем снижалось образование накипи. В Бельгии была быстро создана и действует до сих пор фирма «Эпюро» («Epuro»), строящая свое благополучие на эксплуатации изобретения Вермайерна. Принцип Вермайерна в различных модификациях применяется во многих странах, в том числе и в Советском Союзе.

Однако оба эти факта не привлекли к себе внимание представителей точных наук. Выводы Пиккарди казались слишком неправдоподобными, борьба же с накипью представлялась чисто техническим процессом, ни к физике, ни к химии, ни к физической химии не относящимся. Трудно сказать, как долго продолжалось бы столь независимое следование науки и практики параллельными курсами, если бы не быстрое расширение круга практического применения магнитной обработки водных систем. При этом, естественно, возникла необходимость в создании научных основ процесса магнитной обработки. Практиков не устраивала неустойчивость процесса, преодолеть которую можно было только на основе действенной теории: чисто эмпирические поиски были и трудоемки, и малоэффективны.

Были и другие осложнения, иногда порожденные недостаточным взаимопониманием теоретиков и практиков. Например, сильно повредило делу терминологическое разночтение: что понимать под словом «вода». Представители точных наук считали само собой разумеющимся, что вода — это смесь только молекул H_2O при практически полном отсутствии примесей. Инженеры и практики полагали столь же совершенно очевидным, что вода — это то, что льется из водопроводного крана, в крайнем случае — дистиллят такой воды. То и другое всегда содержит примеси, т. е., строго говоря, является сильно разбавленным раствором. Тогда возникало сомнение, может ли раствор являться объектом фундаментальных исследований, поскольку традиционно они касаются только абсолютно чистой воды, а вода, содержащая примеси, может изучаться лишь в технологическом аспекте. Но, как известно, крупнейшие физики мира — Эйнштейн, Смолуховский и другие — много и успешно занимались коллоидными системами, далеко стоящими от абсолютно чистой воды.

Сейчас многие недоразумения устранены и проблема вступает в более спокойное русло развития. В нашей стране проведен ряд крупных совещаний и симпозиумов, посвященных магнитной обработке воды, защищены десятки диссертаций на эту тему. Библиография по вопросам магнитной обработки воды и водных систем насчитывает более тысячи наименований. Около 60 научно-исследовательских институтов страны включили в свои планы изучение этой проблемы. Но основная работа еще впереди.

Глава 2

СТРОЕНИЕ И СВОЙСТВА ВОДЫ

Люди интересовались водой с незапамятных времен. Еще в IV в. до н. э. Аристотель провозгласил воду началом всех вещей. В 1665 г. Гюйгенс предложил принять воду за опорные точки шкалы термометра, в 1780 г. Кавендиш, пропуская электрические искры в смеси кислорода и водорода, впервые синтезировал воду, а Лавуазье в 1783 г. вывел ее формулу.

С тех отдаленных времен воду исследуют непрерывно — и физики, и химики, и биологи, и инженеры, каждый в своем аспекте. В результате выясняется поистине грандиозная роль и огромная сложность воды. Геолог А. П. Карпинский имел все основания написать, что «вода — это самое драгоценное ископаемое. Вода — это не просто минеральное сырье, это не только средство для развития промышленности и сельского хозяйства. Вода — это действенный праздник культуры, это та живая кровь, которая создает жизнь там, где ее не было». Химик И. В. Петрянов-Соколов дал наиболее емкое определение воды, назвав ее самым необыкновенным веществом.

Необыкновенность воды заключается главным образом в наличии многих аномальных, только ей присущих свойств. Почти все физико-химические свойства воды — исключение в природе, и только благодаря этим аномалиям воды, как ни странно, возможна жизнь на нашей планете.

Даже абсолютно чистая вода состоит из различных компонентов. Она содержит три различных изотопа водорода и три кислорода, поэтому существует девять устойчивых видов воды с общей формулой H_2O. Изотопный состав воды зависит от ее происхождения, возраста и т. п. Чистая вода обладает способностью к диссоциации, и в ней всегда самопроизвольно образуются ионы гидроксила (OH^-) и гидроксония (H_3O^+). Этим объясняется нали-

чие у чистой воды небольшой электропроводимости ($0{,}75 \cdot 10^{-6}$ ом$^{-1}$·см$^{-1}$ при 18° С).

Воде свойственна особая структура — это принципиальное открытие было сделано английским физиком Берналом [4]. С тех пор в этой области проведено множество исследований, но до конечных представлений еще далеко.

Объединение молекул с образованием своеобразной структуры воды основано на их способности взаимодействовать друг с другом с помощью так называемых водородных связей, они слабее химических связей, легче разрушаются и быстрее восстанавливаются, что делает структуру воды исключительно изменчивой. Благодаря этим связям в отдельных микрообъемах воды непрерывно возникают своеобразные ассоциаты молекул воды, ее структурные элементы (рис. 1). Затем они размываются тепловым

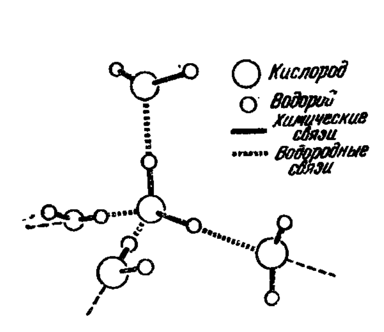


Рис. 1. Схема взаимодействия молекул воды

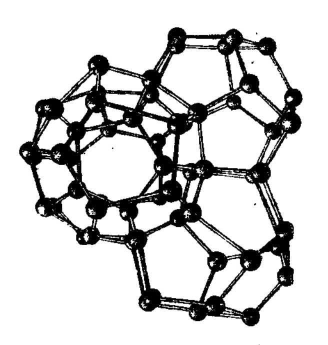


Рис. 2. Одна из возможных моделей структуры воды

движением, вновь возникают. Таким образом, пространственное упорядочение молекул воды носит статистический характер. В отличие от газов в жидкостях, особенно ассоциированных, молекулы интенсивно взаимодействуют, в отличие же от твердых кристаллических тел они не образуют определенной, устойчивой решетки. Поэтому экспериментальное и теоретическое исследование воды сопряжено с большими трудностями.

Со времени первой работы Бернала прошло около четырех десятилетий. Высказано множество гипотез о моделях структуры воды [4, 5]. В основе большинства гипотез ле-

жат результаты опытов, проведенных с помощью рентгенографии, рассеяния холодных нейтронов, раман-спектров воды, спектров валентных колебаний ее молекул. Общей чертой всех гипотез является наличие в воде крупномасштабных флуктуаций плотности. Это могут быть либо «айсберги» льдоподобных структур, либо участки каркаса, нарушенного внедренными в его пустоты молекулами. Одна группа гипотез рассматривает «чистые» структуры, в которых молекулы воды укладываются в тот или иной единый каркас с частично заполненными пустотами. Другой класс моделей — двухструктурные, согласно которым в воде одновременно существуют минимум две различные структуры с различным взаимодействием в них молекул. Привлекательной особенностью таких моделей является возможность объяснения многих аномальных свойств воды с помощью единого механизма — конкуренции между льдоподобной структурой (каркасом) и плотноупакованными молекулами воды. На рис. 2 приведена модель структуры воды, ассоциации ее молекул, предложенная Г. Г. Маленковым.

Так обстоит дело с чистой водой. Но ситуация крайне осложняется присутствием в воде примесей разного рода.

Вообще говоря, вода без примесей практически немыслима. Она обладает аномально высокой диэлектрической проницаемостью — в 82 раза большей, чем воздух. Следовательно, если поместить в воду твердое тело, то взаимосцепление составляющих его разноименных зарядов, молекул и атомов уменьшится в 82 раза и они легко перейдут в раствор. Вода жадно растворяет в себе стенки сосудов, газы воздуха — вообще все, с чем она соприкасается. Даже в дождевой капле растворены газы и соли: выпарив 30 кг дождевой воды, можно получить 1 г сухого остатка. Высокая растворяющая способность воды — подлинное счастье для человечества. Например, только благодаря этому свойству вода доставляет питание корням растений и участвует во многих других биологических и технологических процессах.

Примеси сильно и разносторонне влияют на структуру воды. Особенно это относится к присутствующим в воде ионам. Как показано О. Я. Самойловым, структура воды во многом определяется взаимодействием ее молекул с ионами [5]. Энергия такого взаимодействия во много раз превосходит энергию взаимосвязи молекул воды — вокруг

ионов моментально образуется гидратная оболочка, состоящая из многих молекул воды. В гидратной оболочке молекулы правильней ориентированы и гораздо менее подвижны, чем в объеме воды.

Все изменения структуры воды, вызываемые появлением в ней иона, принято делить на «ближнюю» и «дальнюю» гидратацию. Под первой понимается взаимодействие иона с ближайшими к нему молекулами воды. Дальняя гидратация заключается в поляризации под действием поля ионов молекул воды, не входящих в его ближайшее окружение. Обобщая и анализируя большой экспериментальный материал, О. Я. Самойлов ввел понятие положительной и отрицательной гидратации ионов. В первом случае ионы довольно устойчиво связаны с ближайшими к ним молекулами воды. При отрицательной гидратации молекулы воды вблизи ионов становятся более подвижными, чем в чистой воде. Это сложное явление обычно анализируется при условном делении гидратной оболочки на два слоя.

Гидратация ионов зависит от их природы. Например, катионы щелочных и щелочноземельных элементов, а также анионы хлора, брома, иода и некоторые другие связывают молекулы воды непрочно (обладают, по О. Я. Самойлову, отрицательной гидратацией). Есть мнение, что в зависимости от температуры одни и те же ионы могут обладать как положительной, так и отрицательной гидратацией.

Большое влияние на структуру воды оказывают примеси, находящиеся в молекулярной форме (неэлектролиты), а также молекулы газов. Они входят в пустоты каркаса и в зависимости от своих размеров стабилизируют или разрушают структуру. Процесс растворения в воде газов и других неэлектролитов состоит из двух этапов: создания в воде полости подходящего размера и внедрения в эту полость молекул растворяющегося вещества. При растворении инертных газов вокруг внедрившейся в воду молекулы в зависимости от ее размеров могут образовываться структуры типа льда, структуры с изогнутыми водородными связями или кристаллогидраты (газгидраты). Последние сами по себе весьма интересны.

Еще в 1811 г. Дэви заметил, что если охлаждать до 9° С насыщенный раствор хлора в воде, то из него выпадают зеленоватые кристаллы. Дальнейшие исследования в этой

области [6] позволили установить, что при определенных температуре и давлении молекулы различных газов входят в так называемые клатратные полости структуры воды и вокруг них образуется устойчивое покрытие из пятичленных колец молекул воды. Коллектив таких многогранников образует твердые кристаллы.

Твердые газгидраты являются очень прочным образованием из газа и воды. По виду они напоминают снег. Геологи установили, что газгидраты образуют газовые месторождения, нефтехимики и газовики отмечают, что углеводородные газгидраты забивают трубы и аппаратуру. В обычных условиях они в воде, по-видимому, отсутствуют. Это обстоятельство является хорошей иллюстрацией того, сколь большим может быть влияние на структуру воды молекул газов, входящих в ее полости. Не исключено, что при обычных температуре и давлении в воде могут находиться разобщенные элементы газгидратов.

Сильная стабилизация структуры воды неэлектролитами непосредственно фиксируется инфракрасными спектрами поглощения. Это особенно заметно при добавлении веществ типа спиртов, части молекул которых гидрофобны — крайне слабо притягивают молекулы воды.

Есть еще один фактор, сильно влияющий на структуру и свойства воды. На границах с воздухом и особенно с твердыми телами образуются гидратные слои (аналогичные тем, которые окружают ионы). Как показано Б. В. Дерягиным, тонкие граничные слои воды, находящиеся в сфере действия поверхностных сил, столь структурированы, что обладают особыми механическими свойствами, в частности заметным сопротивлением сдвигу. Толщина таких слоев с измененными свойствами доходит до 50—100 ангстрем, т. е. они состоят из огромного количества молекул воды.

Важнейшей особенностью воды является возможность сохранения во времени структурных изменений. Согласно установившимся представлениям, время пребывания каждой молекулы воды в данной точке структуры исчезающе мало — всего 10^{-9} сек. На этом основываются возражения против возможности обладания водой свойством релаксации, т. е. «памятью» на различные временные физические воздействия, в том числе на магнитную обработку. Считается, что вода структурной «памятью» обладать не может.

Однако в последние годы получены многие экспериментальные данные, заставляющие подвергнуть сомнению это положение. Многие опыты показывают, что структурная «память» у воды есть. Исследователями отмечалась скачкообразность изменения вязкости и поверхностного натяжения воды с ростом температуры, аномальные свойства талой воды и др. [4]. Так, Ю. А. Сикорский с соавторами заметили, что после таяния бидистиллята и выдерживания воды при низкой, строго постоянной температуре ее диэлектрическая проницаемость медленно самопроизвольно возрастает, достигая равновесной величины только за 800 сек [7]. Чтобы полностью исключить возможное влияние микроскопических льдинок, которые могли не успеть растаять, опыт был проведен по другой методике: вновь возникшую жидкую воду получали не таянием льда, а конденсацией пара. При этом установили, что плотность свежесконденсированной воды несколько выше, чем обычной. Лишь за 30 мин (по-видимому, из-за постепенного развития структуры) ее плотность достигала 1 г/см^3 [8]. Кроме того, нами была отмечена релаксация инфракрасного спектра поглощения воды в области частот, характеризующих ее структуру.

Учитывая эти результаты, можно считать, что вода обладает определенной структурной «памятью». Пока остается неясным, относится это к идеальной, абсолютно чистой воде или к воде реальной, содержащей некоторое количество примесей. В принципе согласованное перемещение коллектива молекул, их ассоциатов, может отличаться от времени оседлости одиночных молекул. И медленное самопроизвольное изменение инфракрасного спектра поглощения тоже обычно относится к собственно воде. Но, с другой стороны, дополнительное структурирование воды (в гидратных слоях, при образовании газгидратов и пр.) может резко увеличить структурную «память».

Структурирование воды определяет почти все ее аномальные свойства, имеющие огромное практическое значение.

Начнем с того, что почти все вещества в твердом виде имеют больший удельный вес, чем в жидком. А у воды наоборот: лед, обладающий более ажурной структурой, плавает в воде. Представим себе на минуту, что творилось бы на нашей планете, если бы не эта аномалия воды: дно рек и морей заполнилось бы льдом, не защищенные с поверх-

ности от холода, они вымерзли бы. К этому привело бы и отсутствие другой аномалии воды — ее максимальной плотности при 4° С. Это аномальное свойство воды также предохраняет водоемы от вымерзания: слой холодной воды с температурой ниже 4° С «плавает» на поверхности основного объема воды, охлажденной до 4° С. Как и лед, этот слой как бы предохраняет остальную воду от дальнейшего охлаждения.

Причина аномалии плотности пресной воды в сложных структурных превращениях, происходящих в ней с изменением температуры. Повышение температуры от более низкой до 4° С вызывает расширение воды (из-за ускорения теплового движения) и одновременно нарушение ее рыхлой структуры. Между этими процессами при температуре 4° С наступает своеобразное равновесие. При нагревании воды от 0 до 4° С преобладает процесс разрушения рыхлой структуры, что ведет к повышению плотности воды, однако при дальнейшем повышении температуры преобладает влияние расширения воды и ее плотность снижается. Но при достаточно высоком содержании в воде солей (например, у морской воды) ее структура столь стабилизируется вследствие гидратации ионов, что аномалия плотности практически незаметна.

Вода обладает аномально высокой теплоемкостью — способностью поглощать большое количество тепла и неохотно отдавать его. Этим определяется климат нашей планеты, почти все биологические системы зависят от этой особенности воды. Для испарения воды требуется тепла в 5,5 раза больше, чем для доведения ее до кипения. Если бы не это свойство воды, то многие водоемы за лето высыхали бы, а животные и растения, состоящие в основном из воды, погибли.

Мы уже упоминали об огромной растворяющей способности воды. Не будем задерживаться на перечислении остальных аномалий воды. Сказанного достаточно, чтобы понять, что структурирование воды и возникающие при этом ее аномалии являются необходимым, важнейшим условием жизни на Земле. Отсюда большое практическое значение направленного регулирования тем или иным способом структурных характеристик реальной воды. Широкие возможности открываются в связи с изменением структурночувствительных свойств воды различными внешними физическими воздействиями.

Прежде всего следует отметить мощное влияние на воду фазовых превращений, возникающих при таянии льда или при конденсации пара. Биологами уже давно отмечались удивительные, достаточно достоверные биологические особенности талой воды [9]. Ф. А. Летников нашел, что после нагревания воды в автоклавах в течение 3 час при температуре 300—400° С и охлаждении в течение 12—15 час вода длительное время сохраняет повышенные электропроводность и растворяющую способность [10].

В последнее время появились сообщения об установлении различных временных изменений свойств воды слабыми механическими воздействиями — вибрацией и т. п. [11]. Есть сведения о временном изменении свойств воды после воздействия слабого электрического тока, высокочастотных полей, небольших доз жестких излучений, ультразвука.

Вот, оказывается, сколь сложна «простая» вода, какие новые ее стороны открываются перед исследователями.

Глава 3

ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ ВОДЫ ПОСЛЕ МАГНИТНОЙ ОБРАБОТКИ

Как мы уже говорили, не следует думать, что только воздействие магнитного поля в определенных условиях может изменять свойства воды, содержащей примеси. Проведено много опытов, свидетельствующих о том, что на воду, содержащую различное количество примесей, даже ничтожно малое, влияют и другие физические воздействия. Например, чехословацкие исследователи Цабикар и Айнхорн подвергали дистиллированную воду действию переменного электрического поля частотой 50 герц в течение 10 час. Оказалось, что такая обработка воды повышает скорость ее испарения на 11%. Отмечено значительное влияние на свойства воды слабых ультразвуковых воздействий, небольших доз радиоактивных излучений. Но проще всего технически осуществлять магнитную обработку воды.

Магнитная обработка обязательно требует протекания воды сквозь одно или несколько магнитных полей, на неподвижную воду магнитные поля действуют гораздо слабее. В частности, сотрудники Пиккарди (Г. Папеши и др.) экспериментально подтвердили обязательность перемещения воды в искусственно создаваемом магнитном поле. Поскольку обрабатываемая вода всегда обладает некоторой электропроводностью, при ее перемещении в магнитных полях возбуждается небольшой электрический ток. Следовательно, точнее считать, что имеет место не магнитная, а электромагнитная обработка водной системы.

Постоянное непостоянство

Основным критерием оценки квалифицированного эксперимента считается его высокая воспроизводимость, т. е. исследователь, получив определенный результат, может уверенно повторить его и завтра, и через год.

К сожалению, влияние магнитных полей на свойства воды нельзя отнести к числу устойчивых — здесь наблюдаются частые и непонятные колебания результатов опытов, проводимых, казалось бы, в строго стандартных условиях. Причем несовпадающие результаты получают не только разные авторы, но в некоторых случаях один и тот же автор озадаченно сообщает о разноречивости своих опытов.

Такая неполная воспроизводимость результатов параллельных опытов часто используется как довод против принципиальной возможности изменения свойств воды магнитной обработкой. Однако правильней согласиться с другой точкой зрения, сторонники которой акцентируют свое внимание на опытах, дающих определенный эффект, и пытаются выяснить, почему этот эффект не воспроизводится в других опытах.

Вообще говоря, нельзя подходить с одинаковыми требованиями стопроцентной воспроизводимости результатов ко всем исследуемым явлениям. Известно, что существуют закрытые системы (обменивающиеся с внешней средой только энергией) и открытые (обменивающиеся с внешней средой и энергией, и веществом). Первые системы легко контролируемы, опыты с ними дают хорошо воспроизводимые результаты. Открытые же системы отличаются чрезвычайной сложностью и изменчивостью. Малейшие, самые различные воздействия внешней среды могут влиять на их свойства. Вода активно обменивается с внешней средой и энергией, и веществом. Например, нельзя избежать взаимодействия воды с газами — их выделения или растворения, поскольку предварительное удаление из воды газов (откачкой или кипячением) может коренным образом изменить исследуемую воду. Таким образом, изменчивость свойств воды и вариабельность опытов с ней — это специфические атрибуты воды.

Можно полагать, что трудность лабораторной оценки изменения свойств воды после магнитной обработки имеет ряд причин. К ним относятся небольшая величина эффектов (делающая необходимой особо высокую точность опытов), отсутствие подчас строгой стабилизации большого количества условий, в которых проводится опыт, и, наконец, возможность того, что мы некоторые существенные факторы просто не знаем и не учитываем. К таким непознанным факторам относится воздействие на водные систе-

мы естественных магнитных полей. Отмечается несомненная корреляция между солнечной активностью и самыми различными земными процессами, в частности со многими атмосферными явлениями (атмосферной циркуляцией, давлением), климатической характеристикой, эпидемиями, химическими тестами и т. д.

Установлена несомненная связь между солнечной активностью и приростом насаждений (Т. Т. Битвинкин), вспышками массового размножения водяной крысы (А. А. Максимов), эпизоотиями чумы (А. А. Лавровский), эпидемиями дизентерии и других болезней (В. Н. Ягодинский), заболеваниями сердечно-сосудистой системы со смертельным исходом (К. Ф. Новикова, Б. А. Рывкин), сосудистыми заболеваниями головного мозга (Ю. И. Алабовский, А. Н. Бабенко), изменениями свертываемости крови (А. Т. Платонова) и со многими другими биологическими эффектами [12].

При этом в первом приближении отмечено очень важное для магнитной обработки водных систем обстоятельство. Б. В. Владимирским показано, что переменное электромагнитное поле сильнее всего действует на биологические объекты в двух областях частот: звуковых (от сотен тысяч герц) и сверхнизких (несколько герц и ниже). Например, поля очень невысокой напряженности при частоте всего 0,1—8,0 гц сильно влияют на ритм сердечных сокращений, электрическую активность головного мозга и своеобразные динамические изменения в системе крови.

Эти наблюдения делают естественным предположение о влиянии солнечной активности и на свойства воды, содержащей примеси.

Возможное влияние солнечной активности на свойства воды, как правило, при опытах не учитывается, если не считать первых наблюдений Пиккарди. Недавно Э. Миллер попытался сопоставить наблюдавшийся в течение полугода разброс параллельных опытов с солнечной активностью, которая весьма приближенно оценивалась по числу вспышек на Солнце в предыдущие сутки. Оказалось, что даже при таком грубом сопоставлении наметилась определенная зависимость: степень разброса результатов многих опытов, проведенных, казалось бы, в строго постоянных условиях, максимальна при числе вспышек от 10 до 40 в сутки (рис. 3). Это заставляет думать, что строгие исследования с водой надо проводить в условиях мак-

симальной защиты от внешних наводок, в том числе вызываемых солнечной активностью.

Практика исследований свидетельствует о необходимости особенно строгого, можно сказать, ритуального, выдерживания постоянства условий опытов, в которых магнитной обработке подвергаются единичные, небольшие образцы воды. Кроме обычного соблюдения строгого постоянства температуры воды, ее состава, режима обработки приходится следить за такими факторами, как возраст воды, условия ее хранения, техника переливания. К тому

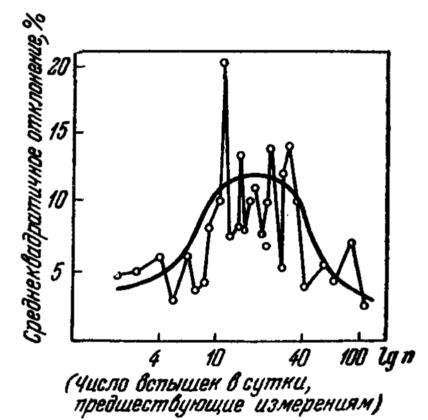


Рис. 3. Разброс опытных данных при определении свойств воды при разном суточном числе вспышек на Солнце

же в лабораторных условиях пока плохо контролируется состав и количество растворенных газов, не применяется защита от внешних наводок разного рода.

Иное дело — промышленные результаты. Здесь непрерывной обработке подвергаются большие объемы воды и полученные результаты гораздо более стабильны (хотя, возможно, и не максимальны).

Физические эффекты

Еще раз отметим, что под словом «вода» мы подразумеваем не абсолютно чистую воду, которая пока не исследовалась как объект магнитной обработки,— все опыты проводились с водой не чище бидистиллята (рис. 4). В общем случае изменение свойств воды после магнитной обработки возрастает с увеличением концентрации примесей. Но это

в самом общем виде. Большую роль играет характер примесей и их концентрация.

Говоря о воде с примесями, следует отметить, что в литературе имеется множество указаний, что действие магнитных полей изменяет ее физические свойства — диэлектрические, вязкость, поверхностное натяжение и др. Но есть и обратные сведения — о неизменности этих свойств [13, 14].

В публикациях обычно не приводятся статистически надежные данные. К тому же остается открытым вопрос,

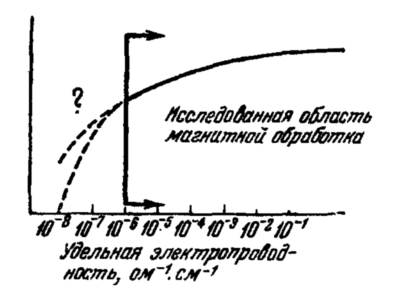


Рис. 4. Изменение магнитной обработкой свойств воды в зависимости от ее чистоты

не меняются ли свойства воды в процессе их определения, например при пропускании электрического тока, помещении в магнитное поле и т. п. Имеющиеся противоречия усугубляются еще тем, что между отдельными физическими характеристиками воды (например, между вязкостью и электропроводностью и др.) существует определенная связь. Поэтому, когда отмечается изменение одной характеристики, а другая остается стабильной, такие данные вызывают сомнение.

Вот, например, какие сведения есть в литературе об изменении электропроводности воды, ее диэлектрической проницаемости, поверхностного натяжения и pH (концентрации водородных ионов, характеризующей кислотность или щелочность воды).

Очень сильные изменения некоторых из этих показателей обнаружили Джохи и Камат при магнитной обработке тридистиллята, чистота которого характеризуется удельной электропроводностью $0{,}85\cdot 10^{-6}$ $ом^{-1}\cdot см^{-1}$ (т. е. вода была очень чистой). Их данные приведены в табл. 1.

Почти столь же значительные изменения этих показателей отмечаются В. И. Миненко [13] и некоторыми дру-

гими исследователями. Но во многих лабораториях не были найдены ощутимые изменения всех этих свойств даже при обработке водных растворов солей и водопроводной воды.

Весьма разноречивые сведения приводятся в отношении изменения магнитной восприимчивости воды. Как известно, вода диамагнитна, она выталкивается из магнитного поля. Изменение степени диамагнитности после магнитной обработки воды представляется очень важным ее свойством, так как оно может явиться объективной характеристикой воздействия магнитных полей на воду.

Диамагнетизм чистой воды очень невелик, но он значительно изменяется в присутствии примесей, в том числе и газов. Например, если повышать концентрацию в воде парамагнитного кислорода, то это заметно сказывается на магнитной восприимчивости воды. Даже метод насыщения ее газом (встряхивание, барботаж) имеет при этом значение.

Очень любопытно, что диамагнетизм воды в определенной степени зависит от температуры. В интервале от 0 до 100° С он возрастает на величину, соизмеримую с имеющей место при переходе льда в воду. Это связано с нарушением средней степени ассоциации молекул воды тепловым движением с ростом температуры. Чем меньше развиты межмолекулярные связи, тем больше магнетизм (кстати, изменение диамагнетизма воды несколько отстает во времени от изменения температуры, что также свидетельствует о замедленной перестройке структуры воды, о чем мы говорили выше).

Таблица 1

Изменение некоторых объемных свойств воды после магнитной обработки [15]

Напряженность магнитного поля, гауссы	pH		Поверхностное натяжение		Диэлектрическая постоянная	
	доли единицы	%	дина/см	%	фарада/м	%
1900	0,35	5,1	1,6	2,2	1,5	1,8
3500	0,44	6,4	3,7	5,1	1,4	1,7
4800	0,62	9,1	4,7	6,4	1,4	1,7
5700	0,62	9,1	5,3	7,3	1,4	1,7

Сведения об изменении магнитной обработкой магнитных свойств воды, содержащей различные примеси, носят весьма предварительный характер. Возможно, это связано с несовершенством применяемых методик исследования. Обычно здесь использовался метод Квинке, в котором измеряется перемещение мениска воды в стеклянной трубочке, вносимой в магнитное поле. На это перемещение заметно влияют другие факторы, например смачиваемость стенок трубки водой. Незначительность измеряемых величин обусловливает необходимость особой тщательности проведения опытов. Гораздо более точным, но также требующим тщательности исполнения, является метод Гуи. Здесь определяется изменение веса образца воды, помещенного в сильное магнитное поле.

Ф. И. Кукоз, Г. К. Чернов и М. Ф. Скалозубов измеряли методом Квинке влияние магнитной обработки на водный раствор сернокислого никеля, обладающего высокой магнитной восприимчивостью, но сильно разбавленные водные растворы этой соли диамагнитны. Оказалось, что магнитная обработка таких растворов усиливает диамагнитный эффект. А вот у достаточно концентрированных парамагнитных растворов уже возрастает парамагнетизм. Такие же результаты получены с другими пара- и диамагнитными солями. Все эти изменения наиболее заметны при определенном режиме обработки (когда есть оптимум напряженности поля и скорости потока). Отмечено, что растворы сохраняют вновь приобретенные свойства довольно долго [16]. Однако измерения тех же авторов, проведенные методом Гуи, дали обратный результат: восприимчивость растворов сульфата никеля после магнитной обработки понизилась [17].

В. Л. Чернобай, В. К. Максимов и В. И. Классен, чтобы разобраться в этих противоречиях, провели опыты методом Гуи в особо строгих условиях. Воспроизвели для контроля температурную зависимость диамагнитной восприимчивости воды — все совпало с литературными данными. Обнаружилось также, что магнитная обработка дистиллированной воды несколько увеличивает ее диамагнетизм. На растворы солей она влияет так же, как указывалось в работе [16].

В исследовании физических характеристик омагниченной воды особое место занимают измерения ее оптических свойств и прежде всего инфракрасных спектров поглоще-

ния, поскольку они являются одной из объективных характеристик воды, а оптические измерения — наиболее щадящими по отношению к исследуемому объекту — воде.

В этом направлении проведено большое количество исследований и накоплен статистически достоверный материал.

Установлено, что магнитная обработка несколько изменяет инфракрасный спектр поглощения воды [18].

Особый интерес представляют исследования влияния магнитной обработки с помощью ядерного магнитного резонанса (метод ЯМР). Сейчас этот метод завоевал в практике исследований веществ широкое признание.

Метод ЯМР основан на следующем явлении. Ядра атомов, входящие в состав молекул, могут иметь магнитный момент, заставляющий их ориентироваться определенным образом во внешнем магнитном поле. Этот момент зависит от механического момента движения, так называемого спина. Ядра взаимодействуют не только с внешним полем, но и друг с другом, и характер этого взаимодействия зависит от их взаимного расположения. Изменение ориентации спина ядра происходит скачком с поглощением или испусканием кванта электромагнитной энергии. И если на атом, находящийся в постоянном магнитном поле, воздействовать еще и переменным магнитным полем, то при определенной частоте колебаний, соответствующей энергии кванта, наступает резонансное взаимодействие, которое и может быть зафиксировано.

Метод ЯМР дает исследователям обширную информацию о строении вещества, но требует величайшей точности эксперимента и вдумчивого анализа его результатов.

Болгарские физики А. Держанский, В. Константинов и Г. Клисуранов исследовали методом ядерно-магнитного резонанса влияние магнитной обработки на воду. Дистиллированная вода пропускается через магнитный аппарат, работающий в определенном режиме (каждые 7 сек он включался и отключался), затем она попадает в магнитное поле, на которое накладывается определенная частота. Это изменяет прецессию (вращение) протонов воды таким образом, что происходит некоторое поглощение энергии, точно измеряемое. Величина такого сигнала релаксирует — медленно затухает, время же релаксации зависит от взаимодействия протона со структурированной средой, т. е. водой. Опыты показали, что после предварительной

магнитной обработки время протонной релаксации возрастает на 0,1%.

В. Е. Зеленков, В. И. Классен, В. К. Кульсартов и Л. А. Мусина также исследовали влияние магнитной обработки дистиллированной воды и различных растворов на ядерномагнитный резонанс. Оценивалось изменение ширины линий ЯМР, зависящей от взаимодействия молекул воды с ионами. Чем сильнее это взаимодействие (чем значительней гидратация ионов), тем шире линия сигнала.

Опыты дали следующие четкие результаты. Изменений свойств очень чистого дистиллята не обнаружено. Однако у природной воды и раствора бикарбоната кальция отмечается значительное сужение ширины линий сигнала. Следовательно, молекулы воды становятся более подвижными, свободными, или, другими словами, магнитная обработка воды, содержащей ионы, уменьшает их гидратацию. Любопытно, что у коллоидного раствора железа такое изменение сигнала ЯМР после магнитной обработки не отмечено.

Влияние магнитной обработки на гидратацию ионов, находящихся в воде, изучено В. С. Духаниным с помощью ультразвукового метода, разработанного А. Н. Пасынским. Опыты показали, что после магнитной обработки уменьшается гидратация диамагнитных ионов и несколько возрастает гидратация парамагнитных. Изменения наиболее заметны в разбавленных растворах и у ионов, стабилизирующих структуру воды (Mg^{2+}, Ca^{2+}, Li^{+}) или образующих с ней комплексы (Fe^{3+}, Ni^{2+}, Cu^{2+}). Опыты подтвердили ранее имевшиеся данные о периодической зависимости эффектов от напряженности магнитного поля и значительной роли природы и концентрации раствора. В итоге В. С. Духанин пришел к выводу, что информацию последствия магнитного поля несет сама вода, а находящиеся в ней ионы усиливают или ослабляют проявляемый эффект.

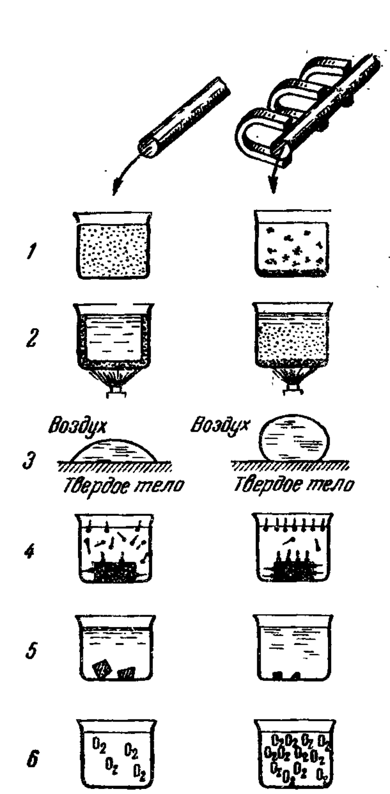
Физико-химические эффекты

Изменения воды после магнитной обработки в подавляющем большинстве случаев наблюдаются тогда, когда вода так или иначе соприкасается с твердым телом или газом, т. е. в гетерогенных системах. Другими словами, наибо-

лее заметны изменения, происходящие у границы раздела фаз — твердой и жидкой. Вместе с тем почти все виды практического применения воды осуществляются в гетерогенных условиях. Кристаллизация, растворение, смачивание, кипение, коагуляция, адсорбция и поверхностные химические реакции являются основой очень многих промышленных и биологических процессов. И все они осуществляются в гетерогенных системах.

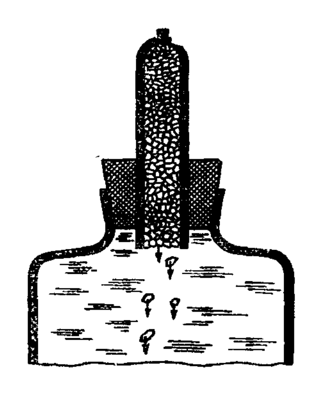
На рис. 5 приведены основные физико-химические проявления измененных свойств воды после магнитной обработки.

Рис. 5. Изменение физико-химических процессов, происходящих в воде после магнитной обработки



1 — ускорение коагуляции — слипания взвешенных в воде твердых частиц,
2 — образование кристаллов солей при выпаривании не на стенках, а в объеме,
3 — изменение смачивания твердых поверхностей,
4 — ускорение и усиление адсорбции,
5 — ускорение растворения твердых тел,
6 — изменение концентрации растворенных газов

Рис. 6. Опыт по определению силы слипания твердых частиц друг с другом



Взвешенные тонкие твердые частицы (например, глинистые) в обычной воде оседают медленно. Если воду, или, лучше, такую водную суспензию, пропустить в определенном режиме через магнитные поля, то частицы коагулируют, т. е., слипаясь друг с другом, образуют комочки. Происходит это не потому, как иногда полагают, что твердые частицы, намагничиваясь, притягиваются друг к другу, поскольку коагуляция ускоряется и у ненамагничивающихся частиц [19]. После магнитной обработки получаются более прочные, трудно удаляемые из лабораторных цилиндров осадки.

Мы попытались дать количественную оценку упрочнения сцепления частиц после магнитной обработки. Была применена довольно простая, но показательная методика. В трубку, заполненную водой, засыпался порошок, состоящий из зерен одинаковых размеров (рис. 6), которые, естественно, стремились под действием сил тяжести высыпаться из трубки, чему противодействовало прилипание частиц друг к другу. Подбиралась такая крупность порошков, при которой начиналось высыпание частиц. Зная вес таких частиц в воде, было нетрудно рассчитать силы прилипания. Оказалось, что после магнитной обработки воды слипание частиц барита, кварца и других минералов возрастает в 2—4 раза (рис. 7). Такой эффект достигается при определенных напряженности магнитного поля и скорости течения в нем воды или суспензии.

Улучшение коагуляции и взаимослипания твердых частиц в омагниченной воде может найти и находит практическое применение при очистке вод от взвесей, в производстве литейных форм, кирпича, в гидротехническом строительстве (для увеличения прочности дамб и других сооружений) и во многих других подобных случаях.

Мы уже говорили об изобретении Вермайерна, применившего магнитную обработку воды для уменьшения образования накипи на стенках паровых котлов. В основе этого эффекта лежит улучшение условий выпадения кристаллов солей жесткости из нагреваемой воды (при пересыщении раствора) не на твердых стенках, а в объеме воды. При этом образуется гораздо большее число кристалликов, а размеры их соответственно уменьшаются (рис. 8) [20]. Здесь также важен строгий подбор режима обработки (напряженности поля, скорости потока) в зависимости от вида и концентрации растворенных в воде примесей. Влия-

ние магнитной обработки на кинетику кристаллизации исследовалось неоднократно [13, 14, 16, 20, 21, 26]. И объясняется это не только «стажем» вопроса, но также и его промышленной важностью, поскольку в уменьшении отложения солей и регулировании скорости кристаллизации заинтересованы самые различные отрасли промышленности.

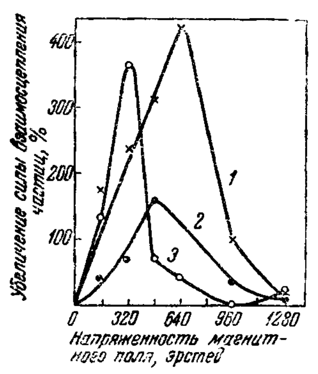
Одновременно в литературе имеется много указаний на то, что магнитная обработка воды изменяет природу кристаллов: после нее из воды выпадают кристаллы не кальцита, а арагонита [22].

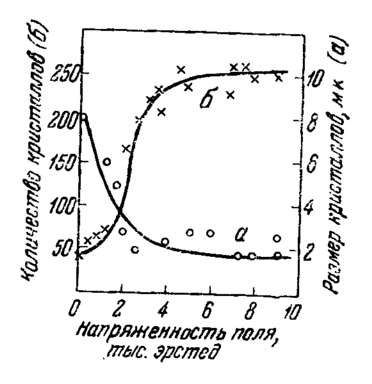
Любопытно на примере этого эффекта показать, насколько различные данные получаются разными исследователями. Проверяя влияние магнитной обработки, Мюллер и Маршер провели опыты с тщательным рентгенографическим анализом осадков и пришли к выводу, что «нельзя установить никакого влияния на вид и кинетику образования осадка из выпариваемой воды». И далее: «... Можно сказать, что ранние сообщения о положительных результатах магнитной обработки воды не выдерживают критики» [23]. Такой вывод противоречит обширнейшей практике, поскольку тысячи промышленных установок используют этот эффект магнитной обработки и, с другой стороны, в печати не перестают появляться все новые и но-

Рис. 7. Изменение силы взаимосцепления частиц в воде после ее магнитной обработки

1 — апатит, *2* — барит, *3* — углисто-глинистый сланец

Рис. 8. Магнитная обработка воды влияет на количество и размеры выпадающих из нее кристаллов солей жесткости





вые данные об изменении характера выпадающих солей жесткости.

Как же так получилось? В чем ошибка Мюллера и Маршера? Судя по их статье, исследование проведено с большой педантичностью в части рентгеноструктурного анализа осадков, но работали они с водой неопределенного состава и, главное, не оптимизировали должным образом режим обработки.

К числу неожиданностей можно отнести и изменение смачивающей способности воды после магнитной обработки. Вначале мы отметили только ухудшение смачивания. Однако затем оказалось, что изменение смачивания зависит также от состава смачиваемой твердой поверхности: если она содержит кремний, то смачивание улучшается [24]. Этот эффект имеет большое значение для флотации, процесса улавливания пыли и для многих других технологических процессов.

С помощью магнитной обработки может значительно ускоряться адсорбция различных веществ на границе воды с воздухом и твердыми телами (адсорбцией называется концентрация веществ у контакта этих фаз). Процесс протекает самопроизвольно в том случае, если он сопровождается понижением свободной проверхностной энергии. Адсорбирующиеся вещества называются поверхностно-активными. Магнитная обработка в определенных случаях повышает скорость адсорбции поверхностно-активных веществ как на твердых поверхностях, так и на разделе вода — воздух (рис. 9) [25], что важно для многих технологических процессов — флотации, крашения и др.

Очень любопытны данные Г. Габриелли и А. Фикалби о влиянии обработки дистиллированной воды на свойства адсорбированной на разделе жидкость — газ пальмитиновой кислоты. Обработка воды велась электромагнитными волнами частотой 3—4 кгц. После такого воздействия на воду поверхностное давление пленки понижается.

В сопоставлении с ускорением кристаллизации парадоксальным является влияние магнитной обработки воды на скорость растворения в ней многих солей (рис. 10), впервые четко описанное Б. П. Татариновым [26]. Подобные эффекты отмечались и другими авторами. Так, например, В. И. Скоробогатов отметил резкое (в 120 раз!) ускорение растворения сернокислого магния (при обязательном резком изменении направления поля). Приводятся

данные об улучшении растворения карбоната кальция и магния [14].

Пока увеличение скорости растворения солей магнитной обработкой воды применяется в практике только как попутный эффект при борьбе с накипью, однако область возможного применения этого эффекта, несомненно, значительно шире — его можно использовать, например, в галургии (для вымывания примесей из различных веществ), в гидрометаллургии и, быть может, в медицине.

Замеченное нами влияние магнитной обработки на концентрацию растворенных газов и прежде всего кислорода и углекислого газа может быть частным проявлением эффекта. Оно находит косвенное подтверждение в различных биологических эффектах (во влиянии магнитной обработки воды на аэробные и анаэробные бактерии и др.).

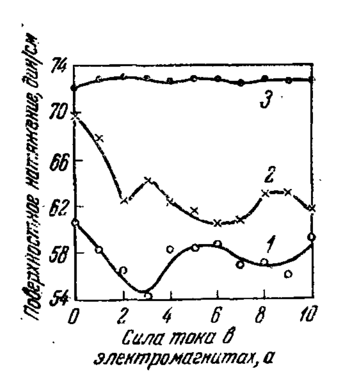
Совершенно необычные наблюдения опубликовала недавно Е. В. Верижская. Она установила, что коррозионное действие концентрированных растворов (до 700 г-экв/л) различных кислот на металлы можно регулировать предварительной магнитной обработкой этих растворов, причем величина эффекта зависит от концентрации кисло-

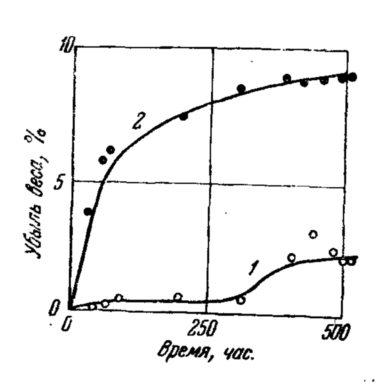
Рис. 9. Изменение поверхностного натяжения воды и раствора поверхностно-активного вещества (ПАВ) после магнитной обработки

1 — небольшое количество ПАВ, *2* — большое количество ПАВ, *3* — дистиллированная вода

Рис. 10. Магнитная обработка ускоряет растворение накипи в воде

1 — обычная вода, *2* — вода после магнитной обработки





ты и природы металла. Одновременно отмечено, что магнитная обработка изменяет плотность и вязкость растворов кислот, а также числа переноса катиона (табл. 2) [28]. Подтверждение этих данных представляется очень важным.

Таблица 2

Влияние магнитной обработки на физико-химические свойства раствора соляной и серной кислот (концентрация 0,5 г-экв/л)

Показатели	Напряженность поля, эрстед		Доверительный интервал (при 99,5% надежности)
	300	500	
Соляная кислота			
Плотность, г/см³	+0,004	−0,005	$\pm 1,8 \cdot 10^{-4}$
Вязкость, спуаз	−0,042	+0,062	$\pm 1,6 \cdot 10^{-4}$
Числа переноса катиона	+0,016	−0,016	$\pm 0,5 \cdot 10^{-4}$
Серная кислота			
Плотность, г/см³	—	+0,006	$\pm 1,8 \cdot 10^{-4}$
Вязкость, спуаз	—	−0,019	$\pm 1,5 \cdot 10^{-4}$
Числа переноса катиона	—	+0,010	$\pm 0,6 \cdot 10^{-4}$

В литературе упоминается также о влиянии магнитной обработки на испарение и замерзание воды и на некоторые другие ее качественные состояния. Не исключено, что перечисленные выше разнообразные эффекты порождаются разными причинами, но быть может, и одной.

Факторы, влияющие на изменение свойств воды

Большое разночтение опытных данных у отдельных авторов крайне затрудняет возможность обобщений в рассматриваемой области, но нельзя также и продолжать лишь беспристрастно нанизывать на нить времени новые результаты опытов. В качестве первого приближения можно сделать вывод, что в большинстве работ отмечается преимущественное влияние характеристики магнитного поля, скорости потока и состава водной системы. Важнейшая количественная характеристика магнитного поля — его напряженность, т. е. количество силовых линий, проходящих через единицу площади. Именно этот фактор и фиксировался в большинстве опытов по магнитной обработке

(рис. 11). Они показали неожиданные результаты: оказалось, что во многих случаях изменение свойств обрабатываемой воды не возрастает монотонно с увеличением напряженности поля, но имеет периодический характер (см. 11, *а*), а иногда даже отклоняется в обратную сторону (пунктир на рис. 11, *а*) *.

Такая полиэкстремальная зависимость всегда подозрительна, поскольку проще всего ее объяснить случайным разбросом результатов. Но оказалось, что «неблагополуч-

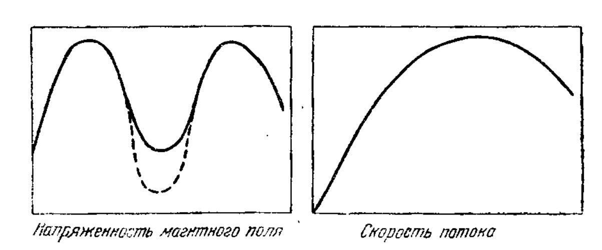


Рис. 11. Зависимость эффектов магнитной обработки воды от напряженности поля и скорости потока

ные» кривые отражали периодическое изменение свойств воды после магнитной обработки с ростом напряженности поля.

Однако характеристика магнитного поля только с помощью его напряженности оказалась крайне приближенной. Когда поток воды или суспензии пересекает магнитное поле, ему приходится проходить через участки разной напряженности. В этих условиях магнитное поле всегда неоднородно и его оценка по величине максимальной напряженности явно недостаточна. На первый план выступает такая характеристика магнитного поля, как градиент его напряженности — нарастание или снижение напря-

* Следует отметить, что принятие именно напряженности магнитного поля в качестве количественной характеристики его воздействия на различные объекты не вполне правильно. Эта характеристика поля дает представление об энергетической стороне эксперимента. Однако основную роль воздействующего фактора, как справедливо отмечает А. А. Шульпеков, могут играть магнитный поток и магнитная индукция, дающая представление о плотности магнитного поля. Поэтому правильней характеризовать магнитное поле не количеством эрстед, а с помощью таких единиц, как веберы или тесла.

женности магнитного поля на единицу расстояния. Попадающее в неоднородное магнитное поле вещество подвергается действию силы

$$f = \varkappa H dH/dx$$

($\varkappa$ — магнитная восприимчивость единицы объема вещества, H — напряженность магнитного поля, dH/dx — градиент напряженности). В печати появляется все больше данных, свидетельствующих об очень большой роли этого фактора.

Градиент напряженности магнитного поля может быть временно́й и пространственный. Легче всего определить (измерением напряженности поля в отдельных точках межполюсного пространства) пространственный градиент. Градиент, возникающий, скажем, из-за биения поля (например, при питании катушек электромагнитов переменным или пульсирующим током), измерить труднее. Еще сложнее обстоит дело с измерением величины градиента напряженности магнитного поля и с выявлением его роли в том случае, когда жидкость пересекает поле с различной скоростью (именно этот случай характерен для магнитной обработки воды).

Существует много возможностей регулирования градиента напряженности магнитного поля — изменением напряженности поля, формы полюсных наконечников, расстояния между ними. Наилучшие результаты магнитной обработки достигаются при определенной, достаточно значительной (1—3 м/сек) скорости течения воды в поле (см. рис. 11, *б*). Причины этого не вполне ясны. Можно лишь отметить, что от скорости потока зависят и силы, действующие на находящиеся в воде ионы, и величина градиента поля, и время нахождения воды в поле. Скорость течения может влиять на структуру воды и на пульсации давления в воде. От скорости течения воды в магнитных полях зависит столь важная характеристика, как частота изменения напряженности поля. В последнее время внимание исследователей все чаще привлекается к этому фактору. Имеются наблюдения, свидетельствующие о наибольшем действии на воду низкочастотной обработки — при частотах, характеризующихся единицами или десятками герц. Все эти факторы при варьировании скорости течения изменяются одновременно, и выявить роль каждого из них нелегко.

Так или иначе, подбор оптимальной скорости течения считается при магнитной обработке обязательным. Правда, можно несколько изменять свойства и неподвижной воды, но здесь также необходимо изменение градиента поля. К тому же, не подобрав оптимальную скорость потока, нельзя исправить положение изменением напряженности поля, и наоборот.

О влиянии природы и концентрации веществ, растворенных в воде, известно очень мало. Работы в этом направлении проводились в основном при изучении предкотловой подготовки воды. Было установлено, что для ускорения выпадения бикарбонатов кальция и магния требуется определенное соотношение их количества с концентрацией в воде углекислого газа (определяющей степень пересыщения раствора). Пересыщение раствора солей вообще считается полезным, поскольку в противном случае выпадения кристаллов ожидать не приходится.

Конечно, крайне важно проследить действие отдельных растворенных в воде веществ, различающихся между собой магнитной восприимчивостью, степенью гидратации, влиянием на структуру воды. Такие исследования, неизбежно очень трудоемкие, лишь начаты (в частности, отмечено специфическое действие анионов, обладающих отрицательной гидратацией).

Глава 4

КАК ОМАГНИЧИВАЮТ ВОДУ

Аппараты для магнитной обработки водных систем

Практика показывает, что чем хуже поддается аппарат расчету, тем больше конструктивных вариантов он имеет. Именно так и обстоит пока дело с магнитной обработкой. Аппараты для магнитной обработки воды, растворов и суспензий имеют большое число (около 100) конструктивных вариантов, что затрудняет их классификацию и сопоставление. В основу классификации аппаратов с равным правом могут быть положены различные признаки; например, какие применяются магниты — постоянные или электромагниты; что подвергается обработке — вода (раствор) или суспензия (пульпа); какова форма потоков — прямолинейная или спиральная; наконец, какая применяется частота изменения магнитного поля, какое поле — постоянное, пульсирующее, высокочастотное...

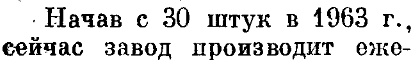
Хронологически раньше всего начали применять аппараты, оснащенные постоянными магнитами. Такие аппараты типа CEPI (рис. 12) выпускает в Бельгии фирма «Epuro», в США — фирма «Pakkard», в Англии — «Polar». В аппараты CEPI встроены постоянные магниты, характеристика которых фирмой не сообщается. В рекламных проспектах указывается, что «к каждому аппарату прилагается письменная гарантия безупречной работы. Если в течение года аппарат не предотвращает образование твердых отложений, то он принимается фирмой обратно с выплатой полной покупной стоимости». И даже при таких жестких условиях фирма «Epuro» в течение 30 лет успешно эксплуатирует изобретение Вермайерна. Эта фирма выпускает также и аппараты с электромагнитами.

Московский чугунолитейный завод им. Войкова с 1963 г. регулярно выпускает аппараты собственной оригинальной конструкции с постоянными магнитами (ПМУ).

Аппарат ПМУ (рис. 13) состоит из пяти однотипных секций. Каждая из них представляет собой стакан *1*, в центральной части которого помещен постоянный магнит цилиндрической формы *2* с полюсным наконечником. Между ним и стенкой стакана имеется зазор *3* величиной 2—3 мм, через который и протекает вода или раствор. Напряженность магнитного поля в секциях различная: в первой секции она равна примерно 1500 эрстед, в последующих — около 2000 эрстед. Скорость потока 1—2 м/сек.



Рис. 12. Аппарат типа СЕР1



Начав с 30 штук в 1963 г., сейчас завод производит ежегодно около 10 тыс. аппаратов ПМУ, снабжая ими все выпускаемые заводом паровые и водогрейные котлы. Нужду в ПМУ испытывают сейчас почти все отрасли промышленности, а с развитием новых видов материалов, позволяющих изготовлять постоянные магниты с высокой напряженностью поля, мало ослабевающей со временем, роль аппаратов с постоянными магнитами может еще возрасти. Они отличаются простотой и портативностью, применимы на подвижных установках и в быту *, невзрывоопасны (что важно, например, для шахтных условий).

Очень большую группу конструкций представляют аппараты, оснащенные электромагнитами и предназначенные для обработки воды с целью уменьшения накипи. Характерный аппарат такого типа представлен на рис. 14. Он состоит из нескольких электромагнитов *1* с катушками *2*, вставленных в диамагнитный чехол *3*. Все это располагается в железной трубе *4*. В зазоре между трубой и корпусом, защищенным диамагнитным чехлом, протекает вода. Напряженность магнитного поля в этом зазоре 600—2000 эрстед. В других вариантах аппаратов этого типа электромагниты надеваются на трубу снаружи.

---

* Примером аппаратов с постоянными магнитами являются магнитные браслеты.

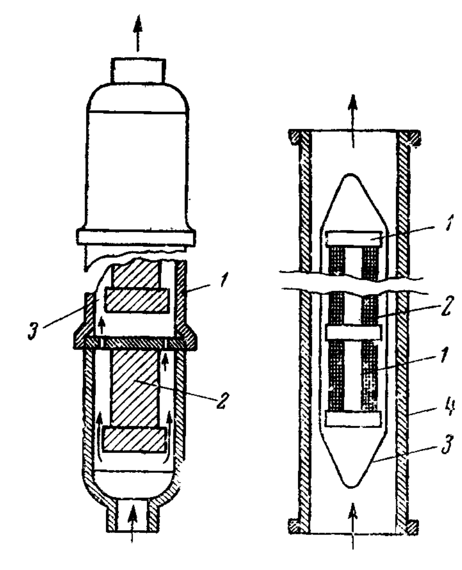


Рис. 13. Аппарат ПМУ с постоянными магнитами

Рис. 14. Аппарат с электромагнитами

Впервые серийное промышленное изготовление подобных аппаратов было начато в 1957 г. на Алма-Атинском заводе тяжелого машиностроения. Вскоре их стали производить многие предприятия, например Копейский рудоремонтный завод, Башэнергонефть, предприятия Министерства речного флота и другие — каждое для себя.

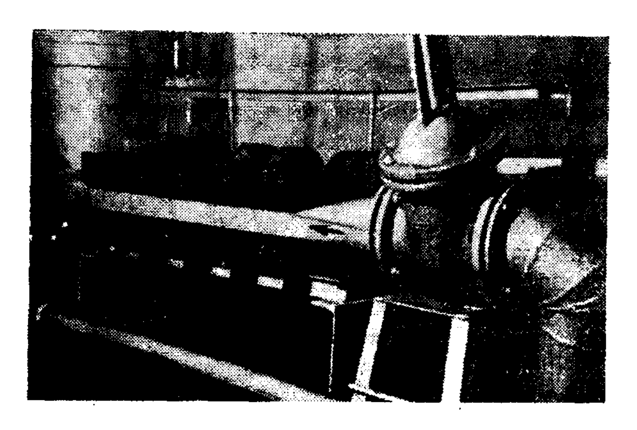


Рис. 15. Прямоточный аппарат для обработки суспензий

Во всех аппаратах, о которых мы рассказали, вода проходит через сравнительно узкие зазоры, поэтому предварительно ее очищают от твердых взвесей. А как быть, если надо обрабатывать воду со взвесью? Для этой цели в последние годы разработан ряд конструкций, не имеющих таких «узких мест».

На рис. 15 показан аппарат, применяемый на обогатительных фабриках для обработки пульпы, содержащей до 30% твердых частиц. По диамагнитному закрытому желобу пульпа с большой скоростью (2—3 м/сек) пересекает поля пяти электромагнитов с напряженностью поля 400—1000 эрстед. Производительность аппаратов достигает 1000 $м^3$ в сутки. Такие аппараты тоже изготовляют для себя многие предприятия.

Оригинальны аппараты с вихревым движением жидкости (рис. 16). В цилиндр *1* через патрубок *2* по касательной подается под некоторым напором вода (или суспензия). Вращаясь, она многократно пересекает силовые линии магнитного поля электромагнитной катушки *4*, надетой на цилиндр, и выходит через центральный патрубок *3*. В некоторых случаях оказывается полезным попутное пропускание через жидкость слабого электрического тока (от специального стержня *5* к корпусу). Такие аппараты отличаются большой компактностью при высокой производительности.

Наконец, значительная группа аппаратов предназначена для обработки воды и пульпы переменным магнит-

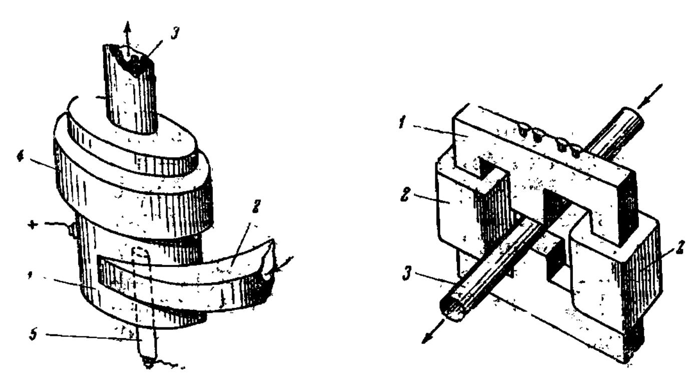


Рис. 16. Аппарат с вихревым движением жидкости

Рис. 17. Аппарат трансформаторного типа, питаемый переменным током

ным полем, которое создается при питании катушек переменным или пульсирующим током разной частоты. Схема такого аппарата трансформаторного типа приведена на рис. 17. Он состоит из ярма *1* с электромагнитными катушками *2*, между полюсами проложена труба *3* из диамагнитного материала.

Здесь описаны только наиболее характерные конструкции аппаратов. Отсутствие централизованного производства аппаратов для магнитной обработки, естественно тормозит их развитие, но и существующие конструкции используются предприятиями с большой пользой.

Оценка изменения свойств воды после магнитной обработки

Важное значение имеет настройка аппаратов для магнитной обработки воды. Однако для такой настройки необходимо быстро и по возможности точно определить, как изменяются свойства воды после магнитной обработки, т. е. провести индикацию. Индикация же изменения свойств воды разработана весьма слабо, что непосредственно связано с неустойчивостью изменений физических свойств воды. При исследованиях и на практике чаще всего измеряют характеристики тех технологических процессов, которые требуется улучшить в данном конкретном случае. Например, если аппараты предназначены для улучшения очистки воды от взвесей, то поступают так: изменяя условия действия аппарата (напряженность магнитного поля и др.), периодически отбирают от протекающего в нем потока пробы, наливают их в стеклянные цилиндры и определяют тем или иным способом скорость осветления. Или следят за скоростью выпадения солей — в тех случаях, когда обработку применяют для борьбы с их отложениями.

Но такие технологические методы контроля трудоемки и не очень точны. Поэтому исследуются и предлагаются все новые и новые способы индикации, применимые в лабораторых условиях. В большинстве случаев в этих методах пытаются использовать изменение почти всех физических и физико-химических показателей воды, о которых говорилось выше. Назовем некоторые методы, давшие пока лучшие результаты при проведении теоретических или прикладных исследований [28].

Несомненный интерес представляют методы определения магнитной восприимчивости воды, особенно наиболее точный из них метод Гуи. Отмечалась польза измерения различных тепловых эффектов, характеризующих фазовые переходы (замерзание, растворение) и поверхностные взаимодействия (теплоту смачивания). Многими исследователями с успехом применялись различные кристаллохимические методы. В отдельных разновидностях этих методов измеряется количество кристаллов, выпадающих из раствора после магнитной обработки и без нее, кинетика изменения концентрации солей в растворах, оптическая плотность растворов, размеры кристаллов, электропроводность растворов и пр. Особый интерес представляет определение ИК-спектров поглощения, изменение устойчивости гетерогенных систем.

С. М. Ремпелем разработан прибор ЭПИН, фиксирующий изменение поляризации электродов, помещенных в омагниченную воду. А. И. Шахов испытал водо-спиртовой тест, фиксирующий степень уменьшения объема смеси воды и спирта по сравнению с суммой их частных объемов. По его свидетельству, омагничивание воды значительно уменьшает этот объем смеси воды и спирта. Исследуется колориметрический тест, фиксирующий измеиение цвета осадков, и др. Недавно отмечена возможность оценки изменения свойств воды после магнитной обработки по ее действию на полимеризацию полиакриламида.

Главной задачей исследователей, работающих в этой области, является изыскание четкого, непрерывно действующего датчика, переводящего все изменения, происходящие с водой, в электрические сигналы. Поставив такой датчик на выходе из аппарата и связав его с несложным автоматическим устройством, можно было бы все время автоматически подстраивать аппарат к оптимальному режиму работы. Это полностью устранило бы пагубное влияние изменения условий обработки — состава воды и пр.

Глава 5

ОМАГНИЧЕННАЯ ВОДА В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

«Наступление» омагниченной воды на технику развивается по широкому промышленному фронту, и линия этого фронта очень извилиста: на отдельных участках проблема далеко продвинулась вперед и прочно там закрепилась, на других имеются лишь частичные успехи, на третьих дело пока ограничивается разведкой.

Ниже приведены основные результаты использования магнитной обработки водных систем в промышленности. Однако, учитывая новизну и объемность проблемы, следует иметь в виду постоянную возможность дальнейшего расширения областей ее применения.

Борьба с отложением солей

Выпадение различных солей из водного раствора и закрепление их на твердых стенках — бич многих важных промышленных процессов. Борьба с этим явлением связана прежде всего с предотвращением образования накипи в паровых котлах. Но вопрос стоит гораздо шире: накипь вредит очень большому числу тепловых процессов *. Практика показала, что магнитная обработка оказывается полезной не только в борьбе с отложениями неорганических солей, отложения органических соединений (например парафинов) также могут уменьшаться таким путем.

Слой накипи, обладающей небольшой теплопроводностью, резко ухудшает передачу тепла в паровых котлах

---

* Магнитная обработка воды в теплоэнергетике в Советском Союзе основана на исследованиях, проводимых в Теплотехническом институте им. Ф. Э. Дзержинского (с 1953 г.), в Харьковском инженерно-экономическом институте (с 1956 г.), в Казахском университете (с 1957 г.), в Новочеркасском политехническом институте и во многих других институтах и заводских лабораториях [13, 14, 16, 20, 26—28].

и охлаждающих системах. Возрастает расход топлива, металл перегревается и деформируется, происходят тяжелые аварии. Классические способы борьбы с накипью связаны с предварительным удалением из воды солей жесткости (например, их поглощением различными ионитами) или с добавлением к воде химических веществ (например, фосфатов). Но эти способы относительно дороги. Особенно невыгодно их применять на многочисленных котлах малой мощности, в тепловых сетях и других различных небольших теплообменных устройствах. Еще сложнее облагораживать воду на передвижных установках — на судах, тракторах и т. п. Магнитная обработка благодаря простоте и дешевизне получила особое распространение именно в этих случаях. Но она оказалась эффективной не для всех вод. В большинстве случаев хорошие результаты получаются, если вода относится к кальциево-карбонатному классу, однако именно такая вода составляет примерно 80% всех рек и озер нашей страны.

При борьбе с накипью используется эффект ускорения кристаллизации в объеме, описанный выше (см. рис. 5). Часто уменьшение размеров кристаллов очень наглядно. На рис. 18 приведены микрофотографии кристаллов карбоната кальция (арагонита), выпадающих из раствора $Ca(HCO_3)_2$ при оптимальной концентрации в воде углекислого газа. Размеры кристаллов даже пытались использовать как индикатор магнитной обработки. Но здесь встретились большие трудности: оказывается, эти размеры не в меньшей мере зависят и от температуры, разных примесей (например, гуминовых кислот, сульфат-иона) и других факторов [27].

Количество накипи, образующейся в котлах при их питании обычной водой, бывает очень значительным. Фотография (рис. 19, *а*) наглядно показывает, как выглядит секция водогрейного котла после года его работы на обычной воде. А рядом стоит секция того же котла, проработавшая столько же времени, сколько и первый, питавшаяся той же водой, но вода эта проходила через магнитный аппарат: видна совершенно чистая от накипи поверхность. При этом уменьшение образования накипи не единственный эффект магнитной обработки воды, часто уже после контакта ранее имевшейся накипи с омагниченной водой накипь начинает растворяться и отваливаться от стенок.

Рис. 18. Магнитная обработка раствора бикарбоната кальция уменьшает размеры выпадающих кристаллов арагонита

а — до обработки, *б* — после обработки

Рис. 19. Вид секций водогрейных котлов, питаемых обычной водой (*слева*) и *омагниченной* (*справа*)





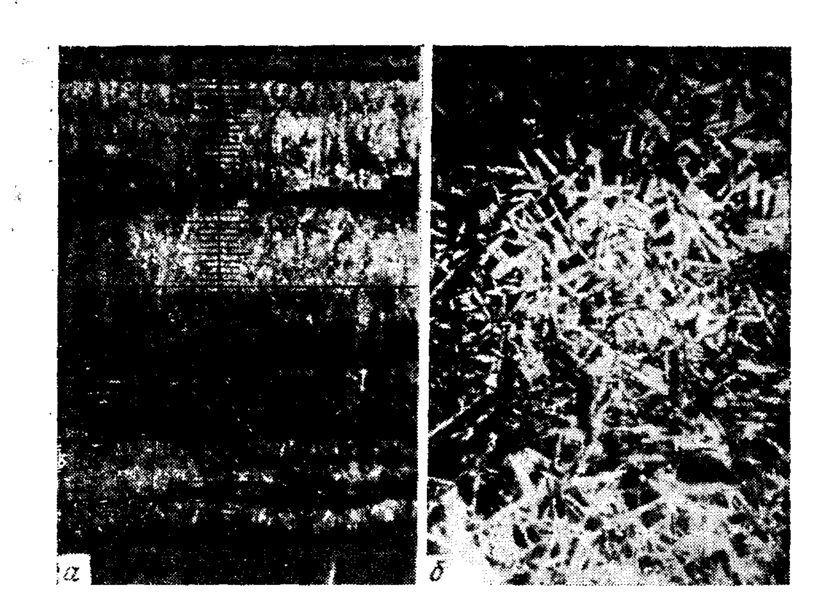


Рис. 20. Шлиф накипи под микроскопом, выдержанный в обычной воде (*слева*) и омагниченной (*справа*)

Строгие лабораторные опыты подтверждают эффекты, многократно отмечавшиеся практиками в больших масштабах. Так, В. Тихомиров (Владивосток) совершенно тождественные пластинки накипи помещал в различные сосуды и выдерживал их при одинаковой температуре в течение одинакового времени в воде, обычной и омагниченной. Рис. 20 иллюстрирует этот опыт. Видно, что в обычной воде структура накипи не меняется, а в омагниченной воде происходит ее интенсивное растворение, и через сутки остается только кристаллический рыхлый скелет [28].

Механизм процесса разрушения накипи омагниченной водой до конца не ясен, хотя условия, способствующие противонакипному действию магнитной обработки воды, исследованы всесторонне. Достаточно точно установлена большая роль углекислого газа, растворенного в воде [27]. Дело в том, что пересыщение раствора карбоната кальция в воде зависит не только от его концентрации, но и от концентрации в воде свободной углекислоты.

Известно, что углекислый газ может находиться в воде в свободном (молекулярном) состоянии (около 99%), в соединении с водой в виде угольной кислоты (H_2CO_3), диссоциирующей на ионы H^+, HCO_3^- и CO_3^{2-}. Именно с последними ионами кальций переходит в карбонат, выпадающий в осадок. Существует вполне определенная концентрация углекислоты, при которой $CaCO_3$ интенсивно выпадает в осадок. Природные воды обогащаются углекислотой преимущественно за счет различных биохимических процессов и при воздействии на горные породы высокой температуры. В подземных водах количество углекислоты обычно гораздо больше, чем ее может поступить в воду из атмосферы.

Несмотря на такую определяющую роль углекислого газа в пересыщении раствора карбоната кальция и, следовательно, в возможности влияния на его выпадение магнитной обработки, концентрация углекислоты в опытах и на практике обычно не контролируется и тем более не регулируется. Отсюда, возможно, и отрицательные результаты, получаемые в отдельных случаях.

Кроме того, установление роли этого фактора в процессе магнитной обработки привело к некоторой путанице. Возникло мнение, что магнитной обработке должны подвергаться только пересыщенные растворы солей, являющиеся системами неравновесными [21, 27]. Здесь, по всей вероятности, смешиваются без достаточного основания разные вещи. Ускорение кристаллизации наиболее заметно в пересыщенных растворах, что совершенно естественно. Но остается недоказанным, когда именно должно быть пересыщение — непосредственно во время обработки или после нее. А неравновесность водной системы в принципе может существовать и независимо от пересыщения раствора солей.

Прежде чем перейти к описанию конкретных примеров удачного промышленного применения магнитной обработки воды для борьбы с отложениями солей, приведем выдержки из решения Семинара по применению магнитной обработки воды в энергетике, проходившего в 1967 г. в Новосибирске.

«За последние 5 лет осуществлен перевод большого числа морских и речных судовых котлов на питание омагниченной пресной водой. Причем по данным проведенных испытаний этих котлов достигнуты положительные результа-

ты. В связи с этим намечен дальнейший план перевода большого количества судовых котлов на питание омагниченной пресной водой. За последние 3—5 лет осуществлен перевод ряда тепловых сетей с открытым водоразбором на подпитку их омагниченной водой (Саратовская ТЭЦ, Ростовская ТЭЦ, Астраханская ТЭЦ, Омская ТЭЦ-2, Бийская ТЭЦ, Харьковские ТЭЦ № 3 и 4). Кроме того, подготавливается к переводу на омагниченную воду ряд других ТЭЦ (Новосибирская, Красноярская и др.). На ряде тепловых электростанций осуществлена подпитка охлаждения системы циркуляционного водоснабжения омагниченной водой (Бежицкая ТЭЦ, Кураховская ГРЭС, Симферопольская ГРЭС)».

Бежицкая ТЭЦ испытывала большие затруднения из-за интенсивного отложения карбонатов в трубах конденсаторов турбин. Приходилось регулярно останавливать машины, подвергать трубы механической очистке и промывать растворами серной кислоты. После введения магнитной обработки добавочной воды, поступающей в систему, в течение нескольких месяцев накипь постепенно пропадала; в дальнейшем трубы оставались чистыми.

На ГРЭС № 4 в Харькове многие годы к воде добавлялась кислота в надежде на то, что это уменьшит образование накипи. Но эти надежды не оправдались. После установки четырех электромагнитных аппаратов расход кислоты снизился вдвое (с 20 до 10 т в месяц), при этом в 5—6 раз возросло время между чистками котла, да и механическое удаление накипи проходило значительно легче, поскольку ее было немного и она была рыхлой.

На Симферопольской ГРЭС были получены аналогичные результаты.

На Саратовской ГРЭС установленные электромагнитные аппараты практически полностью устранили образование накипи. Ежегодно таким путем экономится около 400 тыс. руб.

На Ростовской и Астраханской ТЭЦ установлены аппараты с постоянными магнитами. Подпитка омагниченной водой сети горячего водоразбора дала большую экономию.

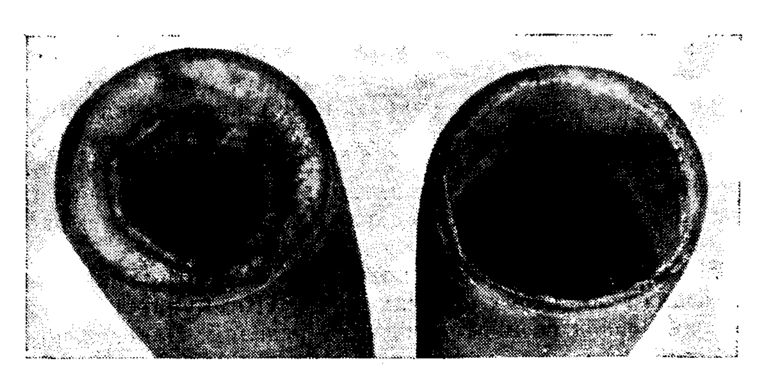
Магнитную обработку воды для борьбы с накипью применяют на своих шахтах трест «Коммунарскуголь», Курский завод резинотехнических изделий, Паневежский сахарный завод и многие другие предприятия.

Все больше данных публикуется об успешном применении омагниченной воды в радиаторах тракторов и автомашин. Так, например, на Людиновском автотранспортном предприятии в радиаторы машин стали заливать омагниченную воду, в результате чего резко снизились затраты на ремонт системы охлаждения.

А вот пример из другой области техники. При добыче обводненной нефти большие неприятности доставляет забивание труб отложениями солей кальция. При подъеме нефти изменения давления и температуры смещают углекислотное равновесие, что и приводит к забиванию труб твердым, неудаляемым камнем. Сотни метров труб приходится извлекать из простаивающих скважин, 80% труб вообще невозможно очистить, они пропадают. После того как в нижний участок трубы было вставлено несколько постоянных магнитиков, отложение солей уменьшилось в 6—12 раз (рис. 21) и старые отложения начали частично разрушаться. Магнитные вставки успешно применяются на 120 нефтяных скважинах треста «Азнефть» [29]. В объединении «Казморнефть» после магнитной обработки пластовых вод появилась возможность не сбрасывать их в Каспийское море, а использовать для технических нужд и возврата в пласты. Это дало ежегодно экономию около 3,5 млн. кубометров воды.

При добыче парафинистых нефтей на стенках труб образуются смоло-парафиновые отложения. Проблема их уменьшения также очень важна и исследуется во многих

Рис. 21. Так соли забивают трубы при добыче нефти (*слева*), этого не происходит, если нефть подвергнуть магнитной обработке (*справа*)



направлениях. Здесь также перспективно снятие пересыщения раствора с усилением кристаллизации парафина в объеме, а не на стенках. А. И. Тихонов, В. Я. Мягков, Я. М. Каган установили, что магнитная обработка нефтей оказывается в этом случае весьма полезной [30]. Установлено, что воздействие на нефтяной поток переменного электромагнитного поля значительно уменьшает отложение парафина. Любопытно, что такое действие поля возрастает, если в нефти содержится вода,— в этом случае требуется меньшая напряженность поля. Как и в случае борьбы с накипью, магнитная обработка потока разрушает имеющиеся отложения парафина.

Есть технологические процессы, в которых ускорение кристаллизации в объеме и уменьшение таким путем забивания труб и другой аппаратуры является жизненно важной проблемой. Например, обогащение калийных солей происходит в их насыщенных, маточных растворах, и систематическая забивка труб совершенно растраивает работу предприятий. Первые опыты показывают, что магнитная обработка может принести им большую помощь [28].

Естественно, мы не смогли охватить здесь все возможные стороны борьбы с отложениями с помощью магнитной обработки воды. И, конечно, далеко не всегда удается получить при этом ярко положительные результаты. Однако несомненно, что это техническое направление является очень важным и перспективным.

Производство бетона

В нашей стране производится ежегодно около 100 млн. т. цемента, идущего в основном на приготовление бетона и бетонных изделий. Огромный масштаб производства цемента делает весьма актуальным улучшение технологии производства бетона.

Наиболее современное представление о процессах твердения цемента развиты П. А. Ребиндером и его школой. Во время твердения происходит целый комплекс физико-химических процессов растворения и гидратации цементных материалов с образованием пересыщенного раствора и кристаллических структур. Начальный их каркас с течением времени обрастает и упрочняется.

Есть ряд новых способов резкого улучшения твердения цемента. П. А. Ребиндером с сотрудниками установлена полезность добавления малых количеств поверхностно-активных веществ, вибраций цементного теста, введения затравки. Наряду с этим нащупаны большие возможности, связанные с магнитной обработкой воды, которой затворяется цемент или бетон. Как и в других случаях, здесь импонирует простота и дешевизна метода. Но так же, как и в других случаях, не всегда получаются устойчивые, однозначные результаты.

В твердении цемента решающими физико-химическими процессами являются растворение и кристаллизация в водной среде. Но именно эти процессы, как мы видели, могут изменяться и интенсифицироваться магнитной обработкой. Следовательно, достигаемые технологические эффекты не являются неожиданными.

Есть много публикаций, описывающих результаты, полученные в разных лабораториях. Но наиболее систематические данные приводятся В. А. Улазовским и С. А. Ананьиной [31]. Обрабатывая воду аппаратом трансформаторного типа (см. рис. 17), они подобрали режим обработки. Как и в других случаях, отмечено наличие оптимума скорости потока и напряженности магнитного поля, подтверждена зависимость этих оптимумов от солевого состава воды.

Было испытано влияние магнитной обработки на прочность цементных кубиков и ее изменение во времени. Результаты опытов (рис. 22) позволяют сделать много интересных выводов. Прежде всего бросается в глаза несомненное увеличение прочности цементных кубиков при магнитной обработке воды, которой затворяется цемент. В этом случае твердение происходит значительно быстрее: за 7 суток достигается такая прочность, которая получается в обычных условиях только на 28-й день. И лучшие результаты — при некоторой средней напряженности магнитного поля.

Опыты показывают, что магнитная обработка воды влияет подобным образом и на многие другие характеристики процесса твердения цемента: изменяется глубина погружения иглы или металлического конуса в цементное тесто, характеризующая скорость его схватывания и рост пластической прочности; уменьшается крупность цементных гранул, и образуется более тонкозернистая

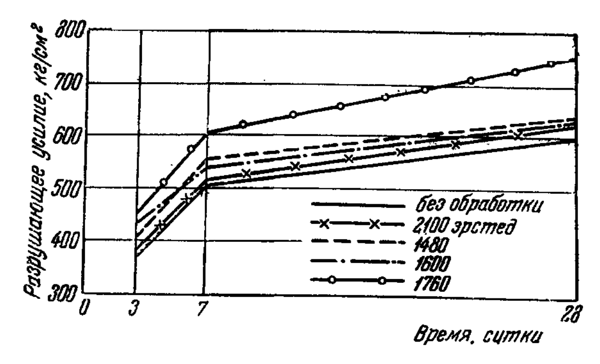


Рис. 22. Скорость твердения и прочность кубиков цемента при его затворении водой, подвергнутой различной магнитной обработке

структура. Увеличение гидратации частиц, оцениваемое по объему осадка их водной суспензии, имеет такую же зависимость. Определение удельной поверхности твердой фазы этих суспензий подтверждает, что при затворении омагниченной водой получается более тонкозернистая структура. Это же подтверждается и исследованием цемента под микроскопом, с помощью рентгеноструктурного анализа, разделением в тяжелых жидкостях и другими методами анализа. Данные хорошо согласуются друг с другом, хотя методы проведения опытов различны.

Можно считать, что затворение цемента омагниченной водой интенсифицирует процессы растворения и гидратации цемента в ранние сроки твердения, затем ускоряет выделение более мелких кристалликов, а тонкокристаллическая структура всегда прочнее крупнокристаллической. Кроме прочности цемент (и бетон) становится менее пористым, что повышает его устойчивость к действию мороза, воды и разных химических агентов. При исследовании тампонажа газовых скважин было отмечено снижение газопроницаемости бетона.

Разноречивость отдельных лабораторных опытов с бетоном велика: пареллельные опыты, проводимые с бетонными образцами, даже в обычных условиях дают пляшущие результаты — здесь играет большую роль трудность выдерживания постоянными важных характеристик заполнителя — крупности щебня, формы его частиц и т. п.

Поиски характеристики бетонной смеси, наиболее чутко и устойчиво реагирующей на магнитную обработку ко-

ды затворения, привели к пластификации, т. е. к пластическим свойствам смеси.

Пластичность — свойство тела деформироваться без нарушения сплошности, сохраняя полученные деформации после удаления силового воздействия. Пластичность бетона определяется свойством цементных пленок, склеивающих кусочки наполнителя (гравия, щебня). Именно на эти пленки влияют пластифицирующие добавки — поверхностно-активные вещества, некоторые соли. Пластичность бетонной смеси имеет самостоятельное практическое значение, от нее зависит так называемая удобоукладываемость смеси в формы. Для количественной оценки пластификации применяют специальные вибрационные вискозиметры.

Опыты показали, что магнитная обработка воды затворения прежде всего влияет на пластичность бетонной смеси. В работе Д. С. Михановского с соавторами [31] это показано довольно убедительно. Однако излагаемая ими гипотеза о причинах этого едва ли является единственно возможной.

Имеется много примеров применения магнитной обработки воды на заводах. Наиболее серьезные испытания были проведены на Ташкентском домостроительном комбинате № 1. Применялись аппараты трансформаторного типа, настройка которых производилась по изменению пластификации бетонной смеси. Контрольные опыты были крупномасштабными, на 2000 м³ смеси. Через сутки образцы бетона, приготовленного на омагниченной воде, имели прочность при сжатии выше, чем контрольные. Для разных цементов и составов прочность повысилась на 46, 56, 59 и 98 кг/см², или примерно на 45%. Эта зависимость сохранилась и через 28 дней, когда прирост прочности составлял соответственно 101, 101, 126 и 131 кг/см² (примерно 35%). Расход цемента при этом сократился с 360—345 кг на 1 м³ бетонной смеси до 315—290 кг, т. е. на 12—18%. Соответствующие коррективы введены в заводские нормы расхода цемента.

В качестве другого примера промышленного применения магнитной обработки водных систем можно привести данные Пермского завода железобетонных конструкций № 1. На этом заводе магниты были установлены непосредственно в бетономешалках, после чего расход цемента снизился на 10—15%.

Магнитная обработка воды затворения или цементного раствора применялась при цементировании газовых скважин для их герметизации. Опыты показали четкое увеличение на 30% прочности на изгиб цементного камня, выдержанного в течение 2 суток. Этот эффект сопровождался другим, не менее важным: обработка воды затворения в 2,5 раза снизила газопроницаемость цементного камня и уменьшила интенсивность самопроизвольного образования в цементе каналов. Лабораторные данные хорошо воспроизвелись в промышленных условиях, что подтверждает достоверность результатов.

Получены данные о снижении расхода цемента магнитной обработкой воды, которой затворяется бетон, на рудниках — для закладки выработанных пространств.

Имеются также работы (Ю. Л. Новожилов, В. М. Соколов), свидетельствующие об определенном улучшении действия магнитной обработки воды затворения при добавлении в нее солей двухвалентного железа. Эти соли, по мнению авторов, образуют микрокристаллики магнетита, которые, намагничиваясь, коагулируют, образуя новые центры кристаллизации. К этой гипотезе мы вернемся позже, здесь отметим лишь, что добавление солей железа само по себе улучшает процесс твердения цемента. К тому же В. М. Соколов отмечает, что добавление солей двухвалентного железа действует примерно одинаково независимо от того, когда происходит добавка, до или после магнитной обработки. Испытание различных добавок с целью повышения эффективности магнитной обработки воды затворения, несомненно, заслуживает внимания исследователей.

Очень интересно, что магнитная обработка воды улучшает качество изделий, изготовленных не только из цемента, но и из других вяжущих. Имеются сведения об улучшении процесса твердения изделий из полуводного гипса, о повышении качества изделий на основе золы и шлаков [28].

Очистка воды

Выделение из воды взвешенных в ней мальчайших твердых частиц и растворенных солей — серьезная практическая задача. Прежде всего это необходимо для очистки природ-

ных вод перед их поступлением на предприятия и перед бытовым потреблением. Важнейшая задача очистки отходов фабрик и заводов связана также с выделением из них твердых взвесей. Наконец, во многих технологических процессах применяются операции сгущения с получением более плотных продуктов и осветленных сливов, от этого зависит возможность использования оборотной воды. Таким образом, выделение из воды твердых взвесей является одним из важных разделов общей проблемы очистки воды и, следовательно, охраны окружающего пространства от загрязнений.

Сложность выделения из больших объемов воды мельчайших частиц связана с тем, что они оседают очень медленно. Их вес в воде очень мал и с трудом преодолевает сопротивление воды. Во многих случаях гравитационную силу заменяют на несколько порядков большей центробежной силой, вращая воду в центрифугах и им подобных аппаратах. Но часто это мероприятие оказывается слишком сложным и дорогим.

Наиболее распространенным способом ускорения оседания мелких частиц в воде является их флокуляция — слипание в комочки. Она достигается добавлением небольших количеств химических реагентов — флокулянтов. Особенно эффективны так называемые полимерные флокулянты (типа полиакриламида), активно связывающие частицы в комочки. Агрегаты частиц, естественно, оседают в воде гораздо скорее, чем одиночные частицы.

Однако применение флокулянтов по ряду причин возможно далеко не всегда. Осветленная вода загрязняется при этом реагентами, осадок в большинстве случаев получается обводненным, желеобразным, что затрудняет его обработку и складирование. Экономическую сторону тоже нельзя сбрасывать со счетов — даже при малом удельном расходе реагентов обработка огромных объемов воды стоит дорого.

Опыты показывают, что слипание частиц в воде можно ускорить с помощью магнитной обработки — об этом коллоидно-химическом эффекте мы говорили выше (см. рис. 5).

Возможность промышленного применения магнитной обработки воды для коагуляции показана А. И. Шаховым с сотрудниками. Таким путем очищалась вода из водопровода Харькова и Основянского водохранилища, 1 л кото-

рой содержал около 30 мг тончайших твердых частиц, отчего вода была мутной. Оптимум напряженности магнитного поля колебался в пределах 25—500 эрстед, причем с понижением температуры воды уменьшалась и оптимальная напряженность поля. После магнитной обработки в воду добавляли коагулянт (сернокислый глинозем) в том же количестве, что и к воде необработанной.

Опыты показали, что после магнитной обработки скорость коагуляции возрастает на 20—90%. Эти исследования воплощены в жизнь и применяются на практике: в водопроводной сети города Часов Яр с 1966 г. успешно действует аппарат магнитной обработки производительностью 300 м³/час; достигнуто хорошее выделение взвеси из воды после ее известкового умягчения в цехе химической водоочистки на Днепродзержинской ГРЭС. Обращает на себя внимание, что введение в воду коагулянта полезней после ее магнитной обработки, чем перед ней [32], т. е. следует изменять свойства природной воды, а не коагулянта.

В Караганде на обогатительной фабрике шахты № 38 был испытан аппарат для магнитной обработки* отходов фабрики, так называемых хвостов. Хвосты, представляющие собой смесь воды и тончайших частиц глинистого сланца и угля, подвергаются сгущению в отстойниках (250 м³/час), но сгущение осуществлялось плохо — слишком медленно оседали тонкие частицы в воде. Результаты магнитной обработки хвостов в сопоставлении с действием реагента (полиакриламида) приведены ниже [33]:

	Без магнитной обработки и реагентов	С добавлением реагента	После магнитной обработки
Содержание твердого в продукте (г/л).			
поступающем на сгущение	103	103	118
осветленном	48	50	0—5
сгущенном	169	112	187
Эффективность осветления (степень перевода в осадок твердых частиц), %	53,4	54,0	95,7

Видно, что после осветления в обычных условиях в осветленном продукте содержится очень большое количест-

* Аппарат сконструирован в институте Гипромашобогащение по схеме автора.

во твердой фазы. Добавление флокулянта в силу большого количества высокодисперсных глинистых частиц не улучшает осветления, но даже ухудшает процесс, увеличивая обводненность осадка. Магнитная же обработка позволяет получить практически чистый слив при одновременном повышении плотности осадка. Эффективность осветления резко возрастает.

Такой же эффект принесла магнитная обработка угольных шламов на обогатительной фабрике им. Артема. Здесь эффективность осветления повысилась вдвое (табл. 3).

Таблица 3

Влияние магнитной обработки угольных глинистых шламов на их сгущение

	Без магнитной обработки		С магнитной обработкой	
	содержание твердого, г/л	содержание частиц <74 мк, %	содержание твердого, г/л	содержание частиц <74 мк, %
Питание сгустителей	206	42,2	142	52,0
Слив сгустителей	134	60,1	47	38,5
Сгущенный продукт	866	5,7	261	10,5
Эффективность осветления, %	35,0		67,0	

Хорошие результаты достигнуты на Южно-Лебединском карьере при осветлении меловых вод, получаемых в результате гидромеханизации горных работ. С помощью аппаратов такого же типа увеличена скорость оседания мела в 4 раза, плотность осадка возросла на 15%. На ряде предприятий особенно хорошие результаты получены при совместном применении флокулянтов и магнитной обработки.

Однако в некоторых случаях эффект коагуляции не прослеживается, что еще раз свидетельствует о сложности процесса. Например, существенную роль при этом играет заряд частиц, их концентрация в воде, щелочность или кислотность (pH) среды.

Не меньшее значение, чем осаждение взвесей, имеет выделение из промышленных вод и растворов солей жесткости. Мы уже упоминали, что магнитная обработка увеличивает сорбционную емкость ионитов. Этот эффект уже

используется на практике, в частности на Невинномысском химическом комбинате, где установлены натрий-катионитовые фильтры. Результаты применения магнитной обработки воды характеризуются следующими данными:

	Без обработки	С обработкой
Число циклов	73	72
Время работы фильтров, часы	4 490	5 890
Объем профильтрованной воды, тыс. м³	375	502
Количество кальция, задержанного фильтрами, кг:		
общее	14 627	19 129
среднее по циклу	200,0	265,7
Среднеквадратичное отклонение, кг	±9,57	±7,7
Прирост улавливания кальция, %	0	32,5

Обогащение полезных ископаемых

Чтобы ископаемые стали действительно полезными, их в подавляющем большинстве случаев приходится подвергать обогащению — различными способами руду и уголь разделяют на продукты, одни из которых состоят преимущественно из ценных минералов, другие — из минералов пустой породы. Поскольку разделяемые минералы тесно срастаются друг с другом, перед обогащением их приходится измельчать. Разделение тонких (доли миллиметра) частиц чаще всего осуществляется флотацией, использующей избирательное прилипание частиц различных минералов, обработанных реагентами, к пузырькам воздуха.

Флотационное разделение минералов определяется различной смачиваемостью их поверхности водой. Это различие достигается с помощью химических веществ — реагентов, от их адсорбции на минералах зависит весь процесс флотации.

Опыты показали, что магнитная обработка технической воды, пульпы и особенно водных растворов реагентов во многих (но не во всех!) случаях значительно улучшает флотацию: возрастает извлечение полезных компонентов в концентрат. Заметим, что даже увеличение извлечения на 0,1%, учитывая большой масштаб производства, дает огромную прибыль. В других случаях отмечается весьма существенное (на 20—40%) увеличение скорости флотации.

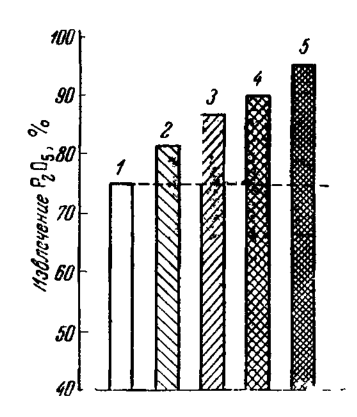


Рис. 23. Влияние магнитной обработки на флотацию фосфоритной руды

1 — без магнитной обработки,
2 — магнитная обработка воды,
3 — магнитная обработка воды и соды,
4 — магнитная обработка собирателя,
5 — магнитная обработка всех компонентов

Приведем для примера результаты опытов (Б. С. Лахтер) флотации фосфоритной руды Кингисеппского месторождения. В качестве реагентов здесь применяются сода, жидкое стекло и мыло, подаваемые в виде водных растворов. На рис. 23 приведены результаты, достигаемые при магнитной обработке отдельных компонентов — воды, различных реагентов. Во всех случаях прирост извлечения ценного компонента в концентрат (пенный продукт) весьма значительный. Следует заметить, что он достигнут в данном случае в несколько искусственных условиях, при низком начальном извлечении. При высоком извлечении флотируемых минералов его прирост, естественно, будет меньше.

Хотя магнитная обработка воды, пульпы и реагентов на обогатительных фабриках применяется сравнительно недавно и зиждется на самых начальных теоретических исследованиях, в промышленности установлены определенные эффекты. В качестве примера можно привести диаграмму (рис. 24), показывающую, как изменялось извлечение металлов из руды на Алмалыкской свинцово-цинковой обогатительной фабрике * при включении и выключении аппаратов для магнитной обработки пульпы (рис. 25).

Результаты применения магнитной обработки на обогатительных фабриках цветной металлургии были подыто-

* Отметим, что практически на всех обогатительных фабриках процесс по ряду причин неустойчив, что вызывает необходимость проводить длительные испытания.

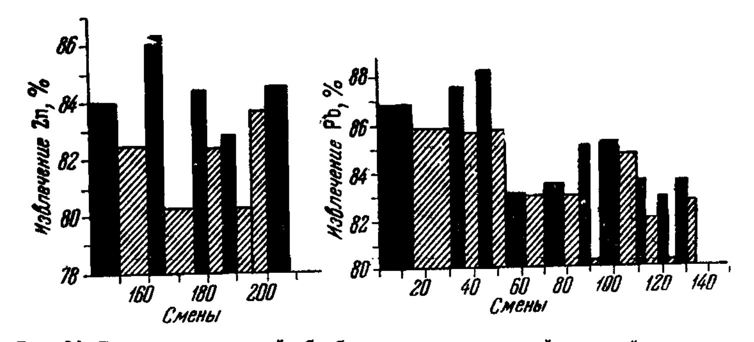


Рис. 24. Влияние магнитной обработки пульпы перед флотацией на извлечение металлов из руды

Зачерненные столбики — аппараты включены, заштрихованные — выключены

жены в 1971 г. на совещании обогатителей [34]. Основные данные мы приводим в виде таблицы, за цифрами которой скрывается большой творческий труд многих инженеров и рабочих (табл. 4).

Особенно ценно, что стоимость аппаратов, позволяющих достичь 1,5 млн. руб. годовой экономии, не превышает всего 15 тыс. руб. И такой эффект достигается в условиях очевидной недоработанности процесса, без должной его оптимизации, на кустарных аппаратах. По-видимому, мы имеем пока минимальные результаты.



Рис. 25. Промышленная установка для магнитной обработки пульпы перед флотацией

Таблица 4

Результаты применения магнитной обработки на обогатительных фабриках цветной металлургии

Фабрика	Что обрабатывается	Повышение извлечения, %	Годовая экономия, тыс. руб.	
			достигнутая *	ожидаемая **
Алмалыкская	Пульпа	Pb 0,3 Zn 0,5	32	192
	Раствор ксантогената	Pb 1,0	—	400
Джезказганская	Пульпа	Cu 1,5	102	102
	Раствор ксантогената	Cu 0,2	19	60
	Вода и реагент	Cu 0,3	—	500
Текелийская	Раствор цинкового купороса	Pb 0,44	82	82
Среднеуральская	Пульпа	S 0,6	70	70
Майкаинская	Вода и раствор ксантогената	Cu 1,5	—	20
Зыряновская	Пульпа и реагенты	Pb 0,5	—	200
	Всего		305	1626

* На одной секции.

** После установки аппаратов на всех секциях фабрики.

В технической печати есть сообщения о начавшемся применении магнитной обработки в процессах флотации за рубежом. Например, в Румынии П. Илие установил, что магнитная обработка пульпы позволяет увеличить извлечение меди с 64 до 79%; на другой руде повышено извлечение золота на 4%. Одновременно отмечено улучшение операции сгущения: скорость оседания хвостов флотации возросла после магнитной обработки на 50—60%. Первые положительные результаты получены в Болгарии и Чехословакии.

Но наряду с этим на некоторых фабриках положительное влияние магнитной обработки на флотацию не прослеживается, и причины этого остаются неясными. Во флотации, как и во многих других случаях, недостаточная изученность механизма происходящих явлений ограничивает практику.

Пока имеются лишь отдельные исследования механизма явлений, происходящих при магнитной обработке

в процессе флотации. Возможно, здесь играет некоторую роль изменение смачивающей способности воды, о которой мы писали выше, но вклад этого эффекта пока не выяснен. Большое влияние может оказывать магнитная обработка на взаимодействие минералов с реагентами, особенно реагентами-собирателями. Напомним, что назначением реагентов-собирателей является избирательное закрепление на минеральных частицах с усилением гидрофобности их поверхности. Существуют две основные группы реагентов-собирателей: ксантогенаты (для флотации сульфидных минералов) и мыла жирных кислот, например олеат натрия (для флотации минералов несульфидных). Представители этих групп собирателей и были исследованы при магнитной обработке.

Работами М. А. Орла, И. В. Лапатухина, В. И. Классена выявлены интересные изменения, происходящие в результате магнитной обработки водного раствора олеата натрия.

Прежде всего методом ИК-спектроскопии установлено, что магнитная обработка твердого аморфного олеата натрия не изменяет его свойств, а обработка раствора олеата натрия в воде * значительно изменяет ИК-спектры поглощения олеата. Такие изменения наблюдаются в области симметричных (1472 $см^{-1}$) и асимметричных (1570 $см^{-1}$) валентных колебаний группы карбоксила, что свидетельствует об усилении связи молекул олеата натрия с водой. Это, в частности, может приводить к более полной диссоциации молекул олеата натрия на ионы. Считается, что наиболее флотационно активным является именно ион олеата ($C_{17}H_{33}COO^-$). Следовательно, магнитная обработка должна улучшать закрепление этого собирателя на поверхности флотируемых частиц.

Прямое определение методом радиоактивных изотопов адсорбции омагниченных реагентов на многих минералах (флюорите, кальците, доломите, фосфорите и др.) подтвердил весьма существенное увеличение адсорбции. Сравнение ИК-спектров поглощения адсорбционными слоями реагентов показало, что магнитная обработка не

---

* Для удобства диагностики в опытах применялась тяжелая вода, которая хорошо растворяет обычную воду, имеет близкую к ней диэлектрическую постоянную, но обладает иным спектром поглощения.

изменяет характера их связи с минералами. Следовательно, магнитная обработка воды, пульпы и водных растворов собирателей типа мыл влияет прежде всего на взаимосвязь структурных единиц растворенного вещества (реагента) с молекулами растворителя (воды); очевидно изменяется в благоприятную для флотации сторону структура раствора.

Аналогичные исследования влияния магнитной обработки на водные растворы ксантогената были проведены Г. С. Бергером и Г. С. Агафоновой. Определялись электронные и ИК-спектры растворов ксантогенатов в легкой и тяжелой воде. Оказалось, что магнитная обработка приводит к ощутимому сдвигу электронного облака атомов серы в молекуле ксантогената с образованием более флотационно активных его форм.

Интересные данные получены Н. И. Елисеевым, Н. В. Кирбитовой, В. И. Классеном в области омагничивания водных растворов флотационных реагентов [35]. При добавлении растворов азотнокислого свинца или сернокислой меди к раствору щелочи образуются мельчайшие частицы гидроокислов металлов (рис. 26,*а*). Если же растворы металлов предварительно подвергнуть магнитной обработке, то выделение гидроокисей металлов усиливается и они коагулируют в крупные образования (рис. 26,*б*). Взаимодействие растворов азотнокислого свинца и сернистого натрия в обычных условиях также приводит к образованию тонкодисперсных взвесей, а после магнитной обработки раствора азотнокислого свинца на поверхности минерала возникают гораздо более крупные образования сульфида свинца.

В определенных условиях меняется и состав образующихся осадков. В обычных условиях растворы азотнокислого свинца образуют в растворе едкого калия кристаллы гидроокиси, имеющие звездчатую форму (рис. 27, *а*). Омагничивание же раствора соли свинца приводит к образованию кристаллов-шестигранников (рис. 27, *б*). Анализ этих шестигранных кристалликов методами рентгенографическим, электронографическим и инфракрасной спектроскопии показали, что они представляют собой уже не гидроокиси, а карбонаты свинца (так называемый церуссит). Следовательно, магнитная обработка раствора настолько повысила концентрацию в воде углекислого газа, что изменился ход химической реакции.



Рис. 26. Осадок, выпадающий после смешивания водного раствора цинкового купороса со щелочью (увеличение 2400 раз)

а — в обычных условиях, *б* — после магнитной обработки раствора

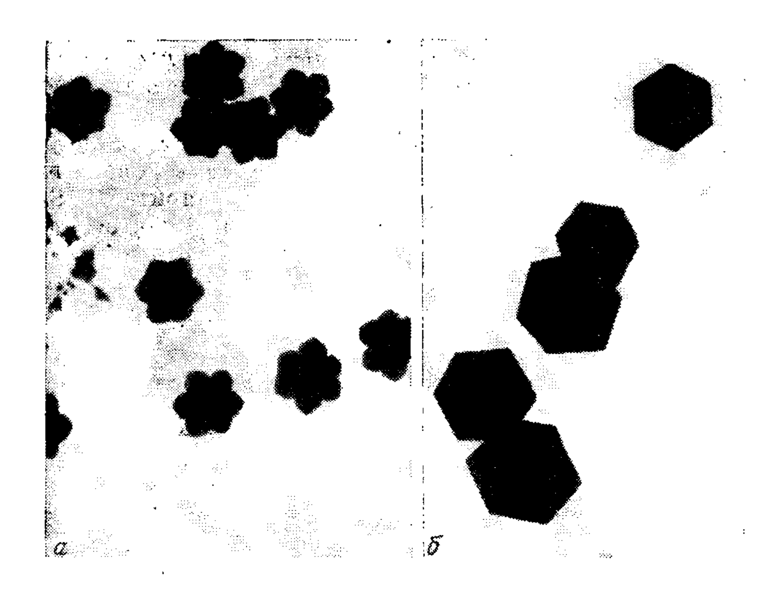


Рис. 27. Кристаллы, образующиеся после смешивания водного раствора нитрата свинца со щелочью (увеличение 2400 раз)

а — в обычных условиях, *б* — после магнитной обработки раствора

Опыты показывают, что предварительная магнитная обработка раствора ксантогената существенно усиливает флокуляцию сфлотированных частиц сульфидных минералов. Это также свидетельствует об их лучшем взаимодействии с ксантогенатом.

Любопытно, что магнитная обработка водных растворов ряда неорганических солей, применяющихся при флотации в качестве регуляторов, также изменяет их свойства, например повышаются активность и избирательность действия на флотацию таких реагентов, как жидкое стекло, цинковый купорос и др.

Нельзя также абстрагироваться и от возможного влияния на флотацию изменения концентрации в воде кислорода, происходящего при магнитной обработке. Б. М. Корюкин показал, что магнитная обработка вызывает временное увеличение концентрации в воде кислорода (рис. 28) и более активное его взаимодействие с поверхностью сульфидных минералов [28]. Ранее фундаментальными исследованиями И. Н. Плаксина и его школы было

доказано, что это приводит к улучшению сорбции ксантогенатов на сульфидных минералах и, следовательно, к активации флотации.

Влияние магнитной обработки воды на окисляемость пирита в пульпе показано прямыми опытами. Свежеполученные стандартные образцы порошка пирита (FeS_2) помещались в колбы, заполненные обычной водой или омагниченной. Концентрация кислорода в воде и ее изменение определялись двумя независимыми методами: аппаратом Варбурга (применяемым в биологических

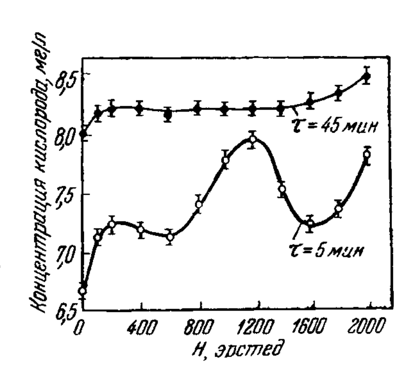


Рис. 28. Влияние магнитной обработки технической воды на концентрацию в ней кислорода

исследованиях) и с помощью специальной интегрирующей установки, позволяющей непрерывно определять количество кислорода, расходуемого на окисление исследуемых веществ в растворе.

Опыты, проведенные по этим двум методикам, дали вполне согласующиеся, статистически достоверные результаты. Оказалось, что окисление пирита в омагниченной воде меняется в зависимости от напряженности магнитного поля (полиэкстремальная зависимость) и во времени. В оптимальных условиях скорость окисления пирита возрастает на 20% [28].

Вполне возможно также определенное действие на флотацию появляющихся в большом количестве после магнитной обработки коллоидных частиц. Они могут влиять на флотацию, налипая на поверхность частиц, и улучшать их прилипание к пузырькам воздуха (работы М. А. Эйгелеса).

Флотация не единственный процесс обогащения полезных ископаемых, в котором перспективно применение

магнитной обработки водных систем. Магнитная обработка может оказаться полезной в гидрометаллургии, при ионном обмене и других новых направлениях.

Например, сорбционные методы находят все большее применение для извлечения многих важнейших элементов из раствора, и повышение сорбционной емкости ионитов является необходимым условием их рационального использования. Опыты Г. М. Ивановой и В. И. Миненко показали, что после магнитной обработки воды на 20—33% возрастает емкость поглощения сульфоугля. Это является следствием улучшения проникновения ионов в поры сорбента за счет уменьшения гидратации ионов или по другим причинам.

Особый интерес представляет применение магнитной обработки в процессах бактериального выщелачивания. В последние годы этому направлению справедливо придается большое значение. Существует огромное количество бедных или труднообратимых руд, из которых технически невозможно или экономически нецелесообразно извлекать ценные элементы обычными, классическими методами. Оказалось, что в присутствии особых определенных бактерий минералы избирательно растворяются, и ценные элементы быстро переходят в раствор, откуда их можно легко извлечь.

Сейчас бактериальное выщелачивание успешно и в большом масштабе применяется в Канаде, Англии, США и других странах для переработки руд с низким содержанием урана и меди. Установки для этого процесса весьма просты. Например, на руднике Бор в Югославии на верху гигантского отвала пустой породы с ничтожно малым содержанием меди расположены дождевальные установки, орошающие отвалы раствором кислоты с особыми бактериями (Th.ferrooxidans). У подножия отвалов (метров на 100 ниже их поверхности) просачивающийся сквозь породу раствор образовал небольшое озеро изумрудно-зеленого цвета. Извлечение меди производится способом цементации: в раствор загружают железный скрап, на поверхности которого осаждается металлическая медь. Из канадской практики известно, что для целого рудника, использующего метод бактериального выщелачивания, необходимо всего несколько рабочих.

Одной из основных задач, облегчающих применение бактериального выщелачивания, является создание луч-

ших условий для размножения и продуктивной деятельности бактерий. Г. С. Агафоновой, Ю. А. Мартьяновым, В. И. Классеном соответствующими опытами установлено, что этот процесс может быть резко интенсифицирован применением магнитной обработки. Возможно, что здесь определенную роль играет увеличение концентрации кислорода, столь необходимого аэробным бактериям.

В один сосуд был залит обычный бактериальный раствор, в другой — тот же раствор, но после магнитной обработки в оптимальных условиях. Деятельность бактерий оценивалась по скорости перевода закисного железа в окисное. Оказалось, что в контрольном сосуде этот процесс практически заканчивается на десятый день. В сосуде же с омагниченным раствором он завершается на шестые сутки, т. е. процесс окисления протекает в 1,6—1,7 раз быстрее. Микробиологический анализ растворов показал, что магнитная обработка приводит приблизительно в такой же пропорции к росту концентрации биомассы: в 1 мл контрольного раствора на седьмой день содержалось 10^5 клеток, в обработанном это достигалось на четвертый день. Роль интенсификации размножения аэробных бактерий * выявлена достаточно четко [36].

Улавливание пыли

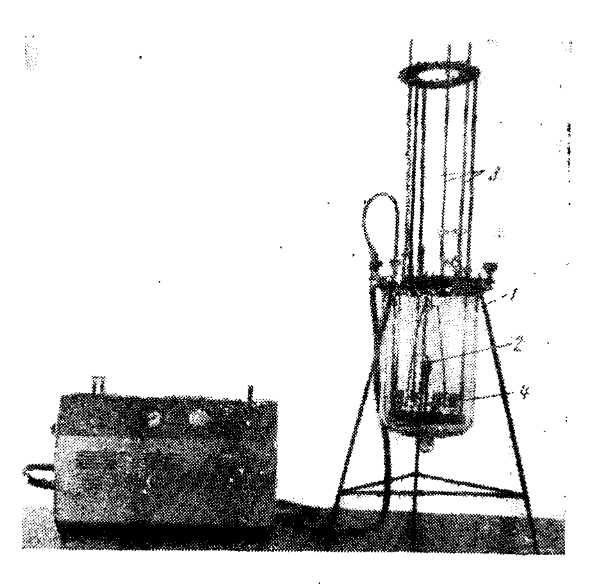
Борьба с запыленностью воздуха, особенно с его загрязнением тонкими, витающими пылинками, содержащими кремний, — одна из важнейших санитарных проблем. Такая пыль вызывает грозное заболевание — силикоз легких, пневмокониоз. В рудниках, на шахтах, где образуется особенно много пыли, а хорошую вентиляцию осуществить трудно, для улавливания пыли используют воду. Способы применения воды разнообразны: ее подают в шпуры и скважины при бурении, ею орошают руду и уголь, из капелек воды устраивают своеобразные завесы, воду нагнетают в пласты угля. Но, к сожалению, вода в обычных условиях плохо улавливает тончайшие, микронных размеров, частицы, как раз наиболее вредные для здоровья.

* Этот биологический эффект приобретает особый интерес, если учесть, что магнитная обработка подавляет жизнедеятельность анаэробных бактерий.

Механизм улавливания пыли капельками воды разработан недостаточно точно, но, несомненно, здесь играет существенную роль смачиваемость пыли водой. Пылинки, хорошо смачиваемые водой, скорей прилипают к капелькам и, возможно, втягиваются в их объем. Поэтому для улучшения улавливания тонкодисперсной пыли применяют реагенты-смачиватели (типа ОП, ОПСБ), предполагается, что они адсорбируются на поверхности частиц и гидрофилизируют их.

Практика показывает, что применение смачивателей улучшает улавливание тонкодисперсной пыли примерно на 40%. Причины такого недостаточного эффекта не вполне ясны. Нам кажется, что здесь имеет место известный парадокс: растворенные в воде реагенты, призванные гидрофилизировать частицы, могут перейти на ее поверхность только после того, как они прилипнут к капельке (т. е. когда действие реагентов не так уж и необходимо). Так или иначе смачиватели не снимают с повестки дня необходимость изыскания более эффективных мер.

Рис. 29. Установка, моделирующая процесс улавливания пыли капельками воды



Возможность улучшения улавливания пыли водой после ее магнитной обработки была установлена А. Р. Соцким и В. И. Классеном чисто экспериментально. Затем в этой области был проведен ряд исследований [28, 37].

Модель улавливания пыли капельками воды, методика исследования этого процесса были позаимствованы у А. Б. Таубмана. Установка (рис. 29) представляла собой стеклянную камеру *1*, в которую через штуцер *2* вдувалась тонкодисперсная пыль. Из нескольких бюреток *3* сквозь запыленный воздух прокапывалось стандартное количество воды; капли захватывали пыль и собирались в чашечки на дне камеры *4*. В бюретки заливалась различная вода. Конечно, эта методика не воспроизводила все условия, имеющиеся на практике, в частности аэродинамическую обстановку. Но элементарный акт пылеулавливания она, по-видимому, характеризовала достаточно точно.

Опыты показали, что магнитная обработка технической воды явно улучшает улавливание ею пыли. Но для этого, как и в других случаях, необходимо экспериментально подобрать условия обработки. В качестве примера на рис. 30 приведено влияние скорости протекания воды

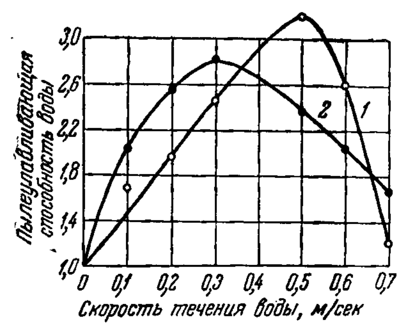


Рис. 30. Изменение улавливания угольной (*1*) и породной (*2*) пыли капельками воды после ее магнитной обработки (при разной скорости протекания в аппарате ПМУ)

в аппарате типа ПМУ; видно, что в оптимальном режиме количество уловленной пыли возрастает в 3—4 раза. Эти модельные опыты достаточно хорошо соответствуют результатам, полученным в промышленных условиях (хотя в последнем случае имеется масса дополнительных осложняющих обстоятельств). В табл. 5 приведены первые промышленные результаты, полученные А. Р. Соцким на рудниках Кривого Рога.

Таблица 5

Улучшение мокрого обеспыливания воздуха на рудниках Кривого Рога после магнитной обработки воды (среднестатистические данные)

Рудник	Место обеспыливания	Количество пыли в воздухе	
		без магнитной обработки	после магнитной обработки
Им. XX партсъезда	Штрек	4,4 мг/м³	2,2 мг/м³
	На выходе из шпура	1,58 мг/мин	0,38 мг/мин
Им. М. В. Фрунзе	На выходе из шпура	1,75 мг/мин	0,60 мг/мин

Достигаемое трех- четырехкратное уменьшение концентрации пыли намного превосходит то, что дают реагенты-смачиватели.

В Шахтинском филиале Макеевского института охраны труда и техники безопасности с помощью аппарата ПМУ были проведены лабораторные и промышленные опыты. Действие магнитной обработки воды сопоставлялось в лабораторных условиях с влиянием в тех же условиях реагентов-смачивателей (табл. 6).

Таблица 6

Влияние реагентов-смачивателей и магнитной обработки технической воды на улавливание пыли

Вода	Улавливание пыли, %	
	угольной	породной
Обычная	100	100
С добавкой ДБ (0,1%)	166	230
С добавкой мылонафта (0,1%)	187	166
После магнитной обработки	328	282

Видно явное преимущество магнитной обработки. Первые опыты, проведенные на шахтах им. В. И. Ленина и им. Октябрьской революции, подтвердили, что магнитная обработка шахтной воды снижает расход пыли на 51 и 136%.

В Карагандинском политехническом институте изучалось захватывание угольной пыли водяной завесой и проникновение нагнетаемой воды в пласт угля. (Нагне-

тание воды в пласт угля—весьма эффективный метод, например, на шахтах комбината «Ростовуголь» таким путем снижена запыленность воздуха на 40—60%.) После магнитной обработки воды улавливание пыли водяной завесой значительно улучшается: остаточная запыленность воздуха снижается в 1,5—2 раза (рис. 31). При нагнетании в пласт угля омагниченная вода распространяется там почти вдвое дальше (рис. 32), и, кроме того, снижается выход тонкой пыли. В этом случае, по-видимому, играют решающую роль капиллярные силы, реализующие улучшение смачивания стенок пор водой.

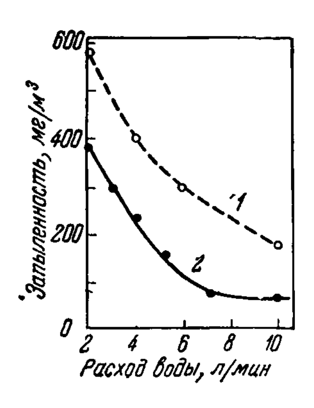
В последние годы трест «Унипромедь» внедрил магнитную обработку воды на многих участках медных рудников Урала. Она осуществляется с помощью аппаратов ПМУ и дает вполне положительные результаты. В аналогичных условиях хорошие результаты отмечались чехословацкими исследователями.

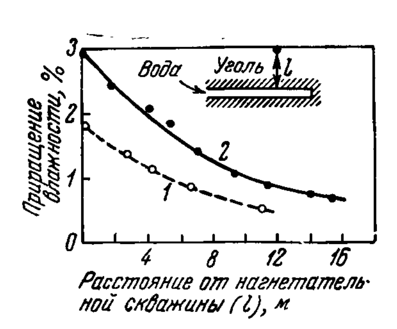
Достигнутые эффекты нельзя рассматривать как максимально возможные. Во всех случаях применялись аппараты с нерегулируемой напряженностью поля, без выбора оптимальных его градиентов. Развитие работ в этом направлении, по-видимому, позволит получить еще лучшие результаты.

Рис. 31. Запыленность воздуха после улавливания угольной пыли водяной завесой

1 — без обработки, *2* — после магнитной обработки

Рис. 32. Проникновение в угольный пласт воды, обычной (*1*) и омагниченной (*2*)





Агломерация, производство кирпича, литейных форм и другие подобные процессы

Как мы уже говорили, магнитная обработка воды повышает прочность слипания мелких твердых частиц (см. рис. 7). Этот коллоидно-химический эффект может быть использован и уже частично используется во многих разнообразных технологических процессах.

Концентраты, получаемые после обогащения железных руд, часто представляют собой порошок. Перед подачей в домну порошок необходимо превратить в достаточно прочные комки, что осуществляется либо агломерацией, либо окатыванием. Агломерация — спекание порошка при довольно высокой температуре — во многом зависит от газопроницаемости спекаемого слоя, при недостаточной газопроницаемости шихты резко снижается производительность агломерационных установок.

На агломерационной фабрике Южного горно-обогатительного комбината В. А. Мартыненко и Г. И. Рудовский для повышения производительности аглоустановок попытались применить омагниченную воду, замачивая ею порошкообразную шихту. Вначале были проведены лабораторные опыты. Шихта состояла из мелкого концентрата, аглоруды и известняка-ракушечника (мельче 3 мм). После подбора оптимального режима обработки оказалось, что с применением омагниченной воды значительно возрастает крупность комков и, следовательно, газопроницаемость шихты. Это увеличило вертикальную скорость спекания на 10 % и прочность агломерата на 3%.

В 1966 г. были проведены промышленные опыты с агломерационной шихтой. При спекании шихты, состоящей из тонкого железного концентрата и известняка, в случае магнитной обработки воды степень окомкования на аглоленте возросла на 32%, газопроницаемость увеличилась на 18%, вертикальная скорость спекания — на 10,9%. Это позволило повысить производительность агломерационной установки на 6 % с получением более прочных (на 17%) гранул.

Когда шихта была крупнее (с добавлением 20% аглоруды), эффект применения омагниченной воды несколько снизился, хотя и остался весьма существенным. Авторы исследования не сомневаются в его большой практической важности [38].

Другой процесс подготовки тонкодисперсной шихты к плавке — окомкование. Тонкий слой шихты с небольшим количеством связующего увлажняется и перемешивается на подвижной плоскости (в барабане и т. п.) с образованием достаточно прочных комков. П. Н. Мелентьевым с соавторами найдено, что использование при такой грануляции омагниченной воды сокращает время окомкования на 12—22% с одновременным снижением содержания влаги в окатышах с 9,0—10,5 до 6,8—7,2%.

Роль производства кирпича в строительстве велика и общеизвестна. Не менее известно также и невысокое качество кирпича, большое количество боя, получающегося при перегрузках и транспортировке. Еще большее значение имеет огнеупорный кирпич: от его прочности и пористости зависит кампания домн и других важнейших металлургических агрегатов.

Уже накопилось много промышленных данных, свидетельствующих о возможности значительного повышения прочности кирпича после магнитной обработки воды, на которой замешивается смесь перед формовкой. Этот эффект обнаружен при производстве и серого, и красного кирпича. Особенно интересен начальный результат, полученный на Велико-Анадольском заводе огнеупорного кирпича. Там скопилось большое количество пыли, уловленной электрофильтрами, которую нельзя было утилизировать, поскольку при добавлении пыли к шихте резко снижалось качество кирпича. Первыми опытами было установлено, что при замешивании шихты на омагниченной воде эту пыль можно добавлять к шихте и при этом качество кирпича резко возрастает (табл. 7).

Промышленными опытами показано, что шамот, полученный с применением магнитной обработки воды,

Таблица 7

Повышение качества шамотного кирпича после магнитной обработки воды (с добавлением пыли)

Показатели	Обычная вода	Омагниченная вода	Изменение качества, %
Разрушающее усилие, кг/см²	91	156	+72
Пористость, %	28	21	—25

в 1,5 раза медленней разрушается в вагранках, чем обычный.

Подобная проблема упрочнения смесей возникает при изготовлении форм для литья, это сказывается также и на качестве отливок. В. И. Классеном и Э. Н. Русской были проведены опыты со смесью, содержащей 92,3% кварцевого песка, 4,8% глины и всего 2,9% воды. Магнитная обработка этой воды резко улучшила качество сырых форм: сопротивление сдвигу возросло на 60%, сила сжатия, которая разрушает такие формы, оказалась вдвое больше обычной.

В Волгоградском политехническом институте аналогичное исследование проводилось на смесях, содержащих разное количество огнеупорной и бентонитовой глин, с варьированием других условий. Обработка воды в оптимальном режиме повышает прочность песчано-глинистых и песчано-бетонитовых форм на 25—30%, одновременно возрастает их газопроницаемость. Все это позволяет не только снизить расход дефицитных компонентов шихты, но и повысить качество отливок [39].

Магнитная обработка воды при производстве форм для литья успешно внедрена на Челябинском тракторном заводе. Практика работы его сталелитейного цеха показала, что применение омагниченной воды сократило на 30—40% расход огнеупорной глины и улучшило другие показатели, что дало экономию около 100 тыс. руб. в год.

Эффект улучшения взаимосцепления твердых частиц в омагниченной воде начал использоваться в гидротехническом строительстве. Таким путем повышается консолидация и прочность грунтов в дамбах и других намывных сооружениях при ускоренном темпе намыва. С этим непосредственно связаны интересные результаты опытов Ф. Д. Овчаренко и Н. Н. Круглицкого. Изучая влияние магнитных полей на образование структур многих глин, взвешенных в воде, они установили улучшение ориентации глинистых частиц и повышение прочности их взаимосцепления. Это направление практического применения магнитной обработки воды, как и многие другие, далеко еще не исчерпано.

Другие области промышленного применения магнитной обработки водных систем

Имеется ряд сведений о возможности улучшения многих других технологических процессов с помощью магнитной обработки воды и водных растворов. Большая группа таких процессов относится к области сорбции.

П. М. Соложенкин с соавторами установили, что магнитная обработка воды значительно улучшает сорбцию и фиксацию дисперсных красителей синтетическими волокнами. В качестве красителей брались проципайловые синий, алый и рубиновый, окраске подвергался капроновый трикотаж. Оказалось, что фиксация красителей в омагниченной воде гораздо выше. Закрепление проципайлового синего в обычных условиях, после отмывки ацетоном, составляет 4,9 мг/г волокна, при крашении же с использованием омагниченной воды закрепление возрастает до 7,1 мг/г волокна, т. е. на 42% [28].

Б. Ф. Татарников, И. И. Орлов и П. А. Смыслов нашли, что омагниченная вода значительно лучше отмывает диметилформамид (ДМФ) от поливинилхлоридного волокна. Концентрация этого растворителя в волокне перед отмывкой составляла 69—75%, промывной жидкостью служил водный раствор ДМФ. Определялись кинетика насыщения промывной жидкости ДМФ и снижения концентрации ДМФ в волокне. Эти измерения, давшие совпадающие результаты, показали, что омагниченная вода ускоряет отмывку ДМФ на 40%. Установлено также, что смешение неомагниченной (обессоленной) воды с омагниченной примерно вдвое повышает эффективность промывного оборудования [28].

Свойство омагниченной воды отмывать от различных материалов примеси было использовано А. Г. Лиакумовичем для улучшения производства синтетического каучука. Такая вода лучше удаляет остатки катализаторов из каучука, улучшая его физико-механические свойства. Омагничивание растворов хромовой кислоты и калиевой щелочи улучшает свойства катализатора дегидрирования парафиновых углеводородов — его активность и механическую прочность, а также ряд свойств получаемого полимера [28].

Целый комплекс возможностей открывается в электрохимии, в частности в производстве аккумуляторов. Пер-

вые очень интересные работы проведены в этой области М. Ф. Скалозубовым, Ф. И. Кукозом и Г. К. Черновым [16]. Активной массой окисноникелевых электродов щелочных аккумуляторов является гидрат закиси никеля, который получается приливанием раствора сульфата никеля к раствору едкого натрия. При этом нужно свести к минимуму нежелательное образование основных солей никеля. Опыты показали, что магнитная обработка ускоряет образование кристаллов гидрата закиси никеля, делает их более однородными и снижает образование основных солей. В результате значительно улучшаются свойства электродов, увеличивая электрическую емкость металлокерамических и окисноникелевых электродов.

Эти же авторы установили полезность магнитной обработки при производстве каустической и кальцинированной соды. Здесь достигается увеличение на 6% степени каустификации и почти двукратное изменение константы равновесия с уменьшением в 2 раза концентрации соды в осветленном растворе [16].

Мы уже упоминали о влиянии магнитной обработки агрессивных растворов на их корродирующее действие. Е. В. Верижская отмечала очень большие эффекты. Так, например, скорость взаимодействия раствора соляной кислоты с никелем возрастает в 2,3 раза, со сталью — в 2,0 раза, с медью и алюминием — в 1,5—1,6 раза; раствор серной кислоты после омагничивания ведет себя почти так же. Но при определенной напряженности магнитного поля наблюдается значительное замедление взаимодействия кислот с металлами. Сведения о влиянии магнитной обработки на коррозию приводит и болгарский исследователь М. П. Иовчев.

Эффект действия магнитной обработки на агрессивные растворы может найти различное практическое применение, начиная от замедления коррозии и кончая интенсификацией растворения полезных веществ при их выщелачивании из руд. Однако в этих областях промышленного опыта пока нет.

Вероятно, большие возможности таятся в магнитной обработке смазочно-охлаждающих жидкостей. Пока здесь получены определенные результаты при шлифовании кругами из сверхтвердых материалов. Опыты Л. В. Худобина, А. А. Глузмана и В. Ф. Гурьянихина показали, что магнитная обработка водной эмульсии в случае упру-

гого шлифования металла снижает удельный расход алмазов в 3,0—3,2 раза (при тех же шероховатости и интенсивности съема металла). При круглом наружном шлифовании значительно повышается стойкость абразива. Заметно стабилизируются свойства эмульсии: из омагниченной эмульсии на 30-й день после приготовления выделяется в 5 раз меньше масла, чем на 3-й день из обычной [40].

Наконец, магнитная обработка может помочь в разрешении такой важной проблемы, как опреснение воды. Наша планета располагает огромным количеством воды: на каждого ее жителя приходится более 500 млн. кубометров воды, но только 3% ее составляет пресная вода. Уже сейчас многие районы и целые страны испытывают острую нехватку в пресной воде, ее дефицит с быстрым развитием промышленности и сельского хозяйства неизбежно будет возрастать.

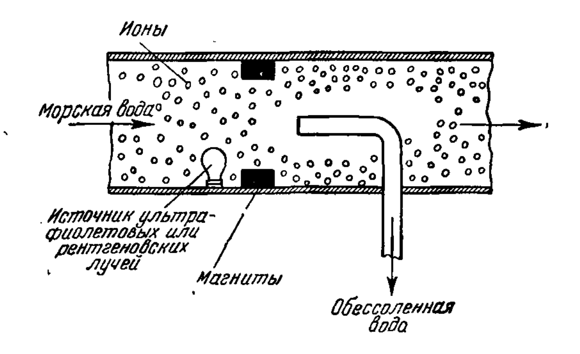


Рис. 33. Схема установки для обессоливания воды с помощью магнитов (американский патент)

К счастью, в Советском Союзе эта проблема пока еще не так остра, как в США и некоторых других странах. Но в отдельных районах Средней Азии, Казахстана, Прикаспия уже сейчас ощущается недостаток в пресной воде, потребление искусственно опресняемой воды все время растет.

Над проблемой экономического опреснения воды давно и напряженно работают ученые во всем мире. Еще в III в. до н. э. Аристотель предлагал опреснять воду испарением

и последующей конденсацией пара. С тех пор предложено много различных методов, использующих такие процессы, как ионный обмен, вымораживание, обратный осмос, поглощение воды органическими жидкостями, электродиализ и др. Очень оригинальным представляется кристаллогидратный способ опреснения воды, разработанный в Одесском институте пищевой и холодильной промышленности. Он основан на способности ряда агентов (пропан, хлор, некоторые фреоны) образовывать с водой кристаллогидраты, оставляя соли в рассоле. Первые результаты свидетельствуют о высокой экономичности способа.

В поисках пресной воды рассматриваются даже такие пути, как использование айсбергов, росы... Привлекает внимание появившееся в печати сообщение об американском патенте на новую методику обессоливания воды (рис. 33). Вода, содержащая ионы, протекает мимо источника ультрафиолетового (или рентгеновского) излучения. От внешней оболочки ионов отрываются электроны, что увеличивает заряд иона. Такие «подзаряженные» ионы перемещаются в магнитном поле, при этом на них действуют силы Лоренца, отклоняющие (закручивающие) траекторию движения ионов. Образуется область пониженной концентрации, из которой вода отделяется от общего потока. Указывается, что при надлежащем подборе всех условий процесса за один прием таким путем можно удалить из воды более 90% ионов [41].

* * *

Заканчивая главу о применении омагниченной воды в промышленности, можно еще раз повторить, что это только начало. По мере расширения поиска и, главное, с познанием механизма явлений, происходящих при магнитной обработке различных водных систем, неизбежно будет расширяться круг практических возможностей.

Глава 6

ОМАГНИЧЕННАЯ ВОДА В БИОЛОГИИ

Действие магнитных полей на воду в биологии имеет два аспекта. Прежде всего действие на биологические системы, состоящие преимущественно из воды. Этим занимается молодая, бурно прогрессирующая наука — магнитобиология. Магнитная обработка биологических систем часто дает поразительные эффекты, однако разобраться, что при этом происходит, необычайно трудно из-за огромной сложности этих систем. Второй аспект — контакт биологических объектов с предварительно омагниченной водой. Здесь процесс обработки изолирован от сложной биологической системы, но омагниченная вода, изменяющая свои биологические свойства, имеет самостоятельную практическую ценность. Обе эти области ни в коей мере не противоречивы, они две стороны одной проблемы, органически связанные друг с другом.

Потенциальные возможности применения омагниченной воды в биологии весьма велики: возможно, что они окажутся более значимыми, чем описанные в предыдущей главе промышленные эффекты.

Взаимодействие омагниченной воды с живыми системами

«Живая» вода! Сколько стремлений и надежд связывали издавна люди с нею — она казалась панацеей от всех бед. В наше время сказочную «живую» воду заменила омагниченная вода. Она тоже необычна, или, выражаясь точнее, обладает особыми биологическими свойствами, что прослеживается на разных биологических уровнях.

Простейшие биологические системы, подвижные микроорганизмы парамеции и стилохонии, помещенные в воду, чутко реагируют на магнитное поле; характерное

для них хаотичное движение через 1—3 мин после приближения к воде магнита становится упорядоченным по кругу радиусом 600—800 мк, с течением времени степень упорядоченности движения снижается. Однако самое интересное заключается в следующем.

А. Б. Коган, И. Н. Гольцова и другие установили, что такое же изменение движения парамеций и стилохоний происходит, если их внести в ранее омагниченную воду (при этом опыты проводились в случайных условиях без какой-либо оптимизации режима обработки) [42].

Очень интересные данные были опубликованы К. С. Тринчером [43]. Он подвергал магнитной обработке физиологический раствор — воду, содержащую небольшое количество неорганической соли (и здесь режим обработки был совершенно случайным: один постоянный магнит, одна напряженность поля — 4000 эрстед, раствор 20 раз пропускали сквозь поле с очень малой скоростью). После обработки раствор приобрел совершенно иные свойства, что выявилось при проведении щелочного гемолиза.

К физиологическому раствору добавляли 1% крови крысы. Полученную суспензию эритроцитов * инкубировали при комнатной температуре в течение 15—18 час. Дальнейшее исследование проводили методом изотонического щелочного гемолиза. В стандартных условиях эритроциты находились в щелочном растворе несколько часов, за это время в них диффундировал водный раствор, эритроциты набухали, достигали критических размеров и лопались. Этот момент четко фиксировался изменением оптической плотности водной системы.

Опыты показали, что в ранее омагниченном физиологическом растворе эритроциты набухают и разрушаются на 21—25% скорее, чем в обычном (рис. 34); если же омагниченный физиологический раствор перед добавлением эритроцитов прокипятить и охладить, то влияние магнитной обработки пропадает. В дальнейшем К. С. Тринчер исследовал влияние числа пропусков физиологического раствора через магнитчое поле. Оказалось, что эффект заметней при большем числе пропусков — до 20 раз.

---

* Эритроциты являются идеальным объектом для подобных опытов. Миллионы одинаковых единиц, изменяясь, придают опыту статистическую достоверность.

Но и здесь, как во многих опытах омагничивания водных систем, автор исследования отмечает значительные колебания величины эффекта.

Конечно трудно сказать, почему омагниченный водный раствор легче проникает внутрь эритроцитов. В этой связи заслуживают внимания сведения А. П. Дуброва о влиянии магнитных полей на проницаемость биологических мембран. Изменение проницаемости клеточных мембран рассматривается в связи с действием магнитного поля и другими авторами [42].

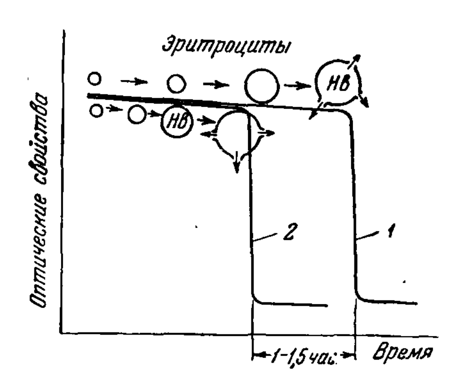


Рис. 34. Скорость разрушения эритроцитов, помещенных в обычный (1) и омагниченный (2) физиологический раствор

В. В. Лисин тоже омагничивал воду перед ее контактом с живыми системами. И тоже обработка воды проводилась в случайных условиях. Обычной и омагниченной водой поили несколько месяцев кроликов, морских свинок и белых крыс, потом их умерщвляли и изучали под микроскопом гистологические характеристики щитовидной железы, печени, почек, селезенки, поджелудочной железы, тонкого отдела кишечника. Наблюдались четкие изменения у тех крыс, которые пили достаточно долго омагниченную воду: понижение функциональной активности щитовидной железы, дискомплексация печеночных балок, изменение селезенки и других органов.

Обобщая большой экспериментальный материал, В. В. Лисин делает вывод, «что вода, обработанная магнитным полем, обладает определенной биологической активностью, а токсические свойства ее выражены умеренно» [42], поскольку длительное употребление в качестве питья омагниченной воды приводит к гемодинамическим сдвигам и различным дистрофическим изменениям в орга-

низме, но к смерти не приводит, и патологические изменения в сущности невелики.

Влияние омагниченной воды на активность ферментов исследовано И. В. Тюньковым. Он обрабатывал бидистиллят тоже не лучшим образом: вода неподвижно стояла 15 мин в постоянном магнитном поле напряженностью 2750 эрстед, затем к обработанной и обычной воде добавлялись различные ферменты и общепринятыми методами исследовалась их активность.

Обработав полученные опытные данные статистическими методами, И. В. Тюньков пришел к следующему выводу: «...отмечено достоверное снижение активности уреазы, фосфоглюкомутазы и АТ-фазы актомиозина (т. е. различных ферментов.— *В. К.*) в свежедистиллированной омагниченной воде в сравнении со свежедистиллированной водой» [42]. И это при отсутствии перемещения воды в поле и градиентов его напряженности. Можно предполагать, что достижению эффекта способствовало внесение и вынесение воды из поля, вследствие чего градиенты и пересечение водой полей в какой-то мере имели место. Кроме того, И. В. Тюньков сообщает, что заметное действие постоянного магнитного поля на активность ферментов было отмечено при обработке свежедистиллированной, т. е. неуравновесившейся, воды.

Л. Н. Чеснокова, М. М. Десницкая и Р. Д. Новоселов изучали влияние омагниченных лекарственных растворов (хлороформа, строфантина, пилокарпина) на работу изолированного по методу В. И. Березина сердца лягушки. Магнитной обработке подвергался раствор Рингера * и растворенные в нем лекарства. Обработка велась с подбором оптимального режима, сердечные сокращения записывались на закопченной ленте кимографа (рис. 35), время регистрировалось электромагнитым счетчиком. Тщательно обработав результаты большого числа опытов, исследователи пришли к следующему однозначному выводу: «Омагничивание растворов хлороформа, строфантина и пилокарпина и раствора Рингера изменяет влияние этих препаратов на работу изолированного сердца. Характер изменений сердечной деятельности говорит о том, что раствор хлороформа, обработанный магнитным полем, не оказывает угнетающего действия. Растворы строфан-

* В 1 л воды 6,5 г $NaCl$; 0,2 г $CaCl_2$; 0,2 г KCl и 0,2 г $NaHSO_4$.

тина и поликарпина, подвергнутые действию магнитного поля, незначительно уменьшают амплитуду и замедляют ритм сердечных сокращений. Омагниченный раствор Рингера усиливает работу изолированного сердца, значительно увеличивая амплитуду сердечных сокращений» [28].

Особенно интересно, что действие омагниченного раствора Рингера наиболее активно проявляется в первый час после его магнитной обработки и с течением времени постепенно ослабевает. Это очень похоже на самопроизвольное возвращение водных систем после магнитной обработки в исходное состояние.

Описанные опыты с изолированным сердцем воспроизведены и другими исследователями [42].

В сельском хозяйстве также вырисовывается определенная перспектива применения омагниченной воды. Ее можно эффективно использовать для замачивания семян, для орошения и при поливе соленой водой.

Семена важнейшей сельскохозяйственной культуры сахарной свеклы имеют низкую полевую всхожесть. А. А. Лебедик, Т. А. Золотарева и другие провели опыты по повышению урожая сахарной свеклы замачиванием ее семян не в обычной воде, а в омагниченной [28, 45]. Исследования проводились в течение многих лет (1966—1969 гг.) по продуманной методике, с очень тщательной обработкой результатов. Но методика магнитной обработки воды, как и во всех биологических испытаниях

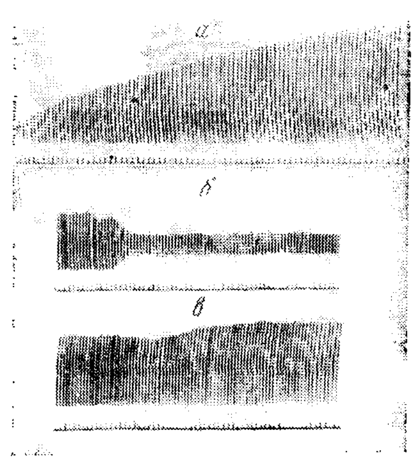


Рис. 35. Изменение пульсации сердца лягушки при пропускании через него

а — омагниченного раствора Рингера,
б — неомагниченного раствора хлороформа (концентрация 1 : 500000),
в — омагниченного раствора хлороформа (той же концентрации)

омагниченной воды, осуществлялась в случайном режиме.

Опыты проводились в Краснодарском крае. Семена сахарной свеклы трех сортов засевались при ручных полевых опытах на площади 27 м² (для каждого опыта), площадь одного лабораторно-полевого опыта — 240 м² и одного производственного опыта — от 2 до 4 га. Повторность трех-четырехкратная. Математическая обработка распределения растений после полных всходов, данных по определению урожая и т. п. производилась на электронно-вычислительных машинах. Магнитная обработка воды производилась двумя способами — с помощью восьми подковообразных постоянных магнитов с напряженностью магнитного поля всего 10 эрстед и с применением электромагнитов. Переменными факторами в последнем случае были напряженность поля, скорость потока, число электромагнитов. Как правило, одновременно проводились контрольные опыты (с таким же замачиванием семян в неомагниченной воде).

Итоги этого исследования следующие.

«1. Допосевная подготовка семян сахарной свеклы в омагниченной воде повышает полевую всхожесть, улучшает рост и развитие растений и в конечном счете повышает урожай корней, их сахаристость и сбор сахара с гектара.

2. При допосевной подготовке семян в омагниченной воде лучшим является режим, при котором магнитная обработка воды проводится постоянным магнитом с напряженностью магнитного поля 10 эрстед в течение 7 сек, а замачивание сухих семян в омагниченной воде продолжается 5 час.

Допосевная обработка семян при таком режиме по сорту Рамонская-06, Ялтушинскому гибриду и Кубанскому полигибриду-9 обеспечивала повышение полевой всхожести соответственно на 14, 10 и 13%, повышение урожая корней на 40, 43 и 45 ц/га, или на 8%, сахаристости на 0,2; 0,2 и 0,3% и сбора сахара на 7, 7 и 9 ц/га» [45].

В результате дополнительный доход на 1 га составляет 72,5 руб. Если учесть, что под посевы свеклы задалживается несколько сот тысяч гектаров, возможная экономия измеряется десятками миллионов руб.

Любопытно отметить, что применение талой воды для замачивания семян сахарной свеклы также дает четкий

положительный эффект, хотя и несколько уступающий эффекту омагниченной воды.

Перспективна также магнитная обработка воды при орошении.

И. В. Дардымов, И. И. Брехман и А. В. Крылов сообщили об интересных результатах, полученных при лабораторных опытах. Магнитной обработке при напряженности поля 1000 эрстед (без подбора режима) подвергалась дистиллированная вода, которой и поливались подопытные растения. Контрольные растения находились в тех же условиях, но поливались дистиллированной водой, не прошедшей магнитную обработку. Результаты оценивались статистически. И вот что было получено.

«Высота подсолнуха в группе растений, поливавшихся водой, обработанной магнитным полем, оказалась на 21% больше, чем в контрольной. Имелась тенденция к увеличению высоты кукурузы в опыте. Вода, обработанная магнитным полем, вызвала достоверное увеличение высоты сои на 40%. Толщина стебля в группе опыта оказалась достоверно большей, чем в контроле, только у кукурузы на 26%».

Однако ускорить рост культуры не самоцель, поэтому было исследовано, как изменяется при этом урожай. Опыты, проводившиеся с водой, дистиллированной и водопроводной, показали, что количество стручков и бобов у сои возросло на 16—17% при той же влажности и жирности.

В. В. Лисин и Л. Г. Молчанова проверили эти опыты и получили сходные результаты [28]. Высота лука и моркови возросла на 22% при одновременном увеличении толщины стебля. То же было и с надземными и подземными частями гороха. «Помидоры также значительно ускоряют рост стебля, несколько раньше цветут (на 2 дня) и дают больше плодов с каждого куста (на 18%)».

В печати сообщалось о французском патенте, предусматривающем возможность полива растений соленой водой после ее магнитной обработки.

При высоком содержании в воде солей значительно повышается осмотическое давление в корневой системе, отложение кристалликов солей задерживает межклеточную циркуляцию соков, соли делают почву водонепроницаемой. Опыты, проводившиеся на высокоизвестковых почвах, с жесткой засоленной водой, богатой сульфатами

кальция и магния и хлористым натрием, показали, что магнитная обработка соленой воды (вплоть до морской) устраняет все эти явления. В этом случае не происходит интенсивного накопления солей в почве. Возможно, эффект является следствием того, что соль выделяется не на стенках капилляров почвы, а в объеме воды в виде столь мелких кристалликов, что они проходят с водой даже по капиллярам.

* * *

В этом разделе мы привели весьма разнохарактерные данные и сделали это, естественно, не случайно. По-видимому, изменение биологических свойств воды после магнитной обработки проявляется в самых разных случаях. Оно отмечается при взаимодействии омагниченной воды с различными биологическими системами: простейшими организмами, эритроцитами, семенами, животными. При этом не исключено влияние очень слабых магнитных полей, вплоть до магнитного поля Земли (доли эрстада).

Практическое следствие регулирования биологических свойств воды ее омагничеванием сулит большие возможности.

Действие магнитных полей на живые системы, содержащие воду

Действие магнитных полей на животных, растения и другие биологические объекты — предмет магнитобиологии. Мы вторгаемся в эту область только потому, что магнитная обработка водных систем и магнитобиология связаны теснейшими узами.

Все живое состоит из воды и органических веществ. Эта система единая, связанная и неразделимая. Мы уже упоминали, что две трети человеческого организма — вода; мозг человека содержит 83,3% воды, кровь — 79,3%, мышцы — 76%, и только кости —«всего» 22%. Вода биологических систем очень своеобразна, она является смесью различных сложных коллоидных форм, и до познания ее свойств еще далеко *.

---

* В Советском Союзе издаются специальные сборники, посвященные воде биологических систем [9].

Магнитобиологами накоплен огромный экспериментальный материал. Если рассмотреть его под определенным углом зрения, то вырисовывается много общего во влиянии магнитных полей на воду и коллоидные растворы, с одной стороны, и на биологические системы — с другой. В обоих случаях эффекты обычно временные. Они вызываются магнитными полями определенной, часто очень невысокой напряженности. Отмечается большая роль градиента напряженности полей и частоты его изменения; происходящие изменения неустойчивы, часто плохо воспроизводятся. К этому следует добавить, что омагниченная вода обладает особыми биологическими свойствами.

Прежде чем привести факты, подтверждающие сказанное, следует отметить общую особенность магнитобиологических исследований — удивительно невнимательное отношение к физической стороне вопроса. Очевидно, стремясь установить вначале в принципе, влияет ли магнитное поле на живые системы, экспериментаторы не описывают и не исследуют строго условия их магнитной обработки, обычно дается лишь нечеткая качественная характеристика поля (постоянное, переменное, импульсное) и отмечается выбранная произвольно его напряженность.

Если признать, что магнитная обработка «живой» и «неживой» воды имеет много общего, то магнитобиологи должны учитывать хотя бы то немногое, что было замечено при исследовании магнитной обработки воды. Очевидно, надо испытывать широкую гамму напряженностей полей (начиная с очень небольших) с фиксацией и регулированием градиента и частоты поля. Надо уделять большое внимание условиям перемещения биологических объектов относительно поля.

Теперь расскажем о конкретных опытах по установлению зависимостей при омагничивании живых систем [42, 44, 46, 47].

Магниты влияют на биологические системы самой различной сложности. Уже на клеточном уровне ощущается действие магнитных полей. Есть много наблюдений ориентации инфузорий в магнитных полях. После кратковременного воздействия магнита повышается фагоцитарная активность этих клеток, количество в них цитоплазматической РНК значительно увеличивается, а количество гликогена уменьшается.

Валентинузи в Буэносе-Айресе установил влияние магнитных полей на клеточном уровне. Л. Г. Букс в Перми отметил угнетение роста дрожжей. Супруги Барнотти (США) установили значительное изменение процесса деления некоторых микроорганизмов. С. А. Павлович (Ивано-Франковск) показал, что влияние магнитного поля на микроорганизмы зависит от природы поля, его напряженности, длительиости воздействия. А. Б. Коган (Ростов на-Дону) отметил изменение магнитным полем физико-химических свойств мембран клеток пресноводной водоросли нителлы, а также влияние поля на движение парамеций. О влиянии природных магнитных полей на проницаемость биологических мембран сообщает и А. П. Дубров (Москва). Н. И. Пехтелева, А. Г. Смирнов (Таганрог) наблюдали влияние магнитных полей на движение протоплазмы клеток. Н. Н. Алиев (Баку) установил четкое влияние магнитных полей на бактерии — белый стафилококк и брюшнотифозную палочку.

Кровь — чуткий объект магнитной обработки. Многочисленными наблюдениями разных авторов доказано, что магнитное поле изменяет РОЭ — скорость оседания эритроцитов. Отмечается соответствие этих изменений солнечной активности и вариации магнитного поля Земли. А. В. Сосунов (Ивано-Франковск) установил влияние слабого (20 эрстед) поля на фагоцитарную активность лейкоцитов. Е. А. Сельков (Ленинград) отметил изменение стабильности белковых комплексов в сыворотке крови. А. Н. Белоконь с соавторами (Курск) показали влияние магнитных полей на общую систему свертывания крови. Об этом же сообщили и С. Г. Епишина и Л. Т. Платонова (Иркутск). Н. Ф. Крутько и А. П. Должиков (Курск) сообщали о наблюдавшемся ими изменении гематологических показателей — числа лейкоцитов и др., носившем временный характер *.

Интересно влияние магнитных полей на водоудерживающую способность различных биологических систем.

* Стремление упростить объяснение сложных процессов привело к попытке свести дело к влиянию магнитных полей на железо организма (как известно, гемоглобин крови содержит много железа). Однако эта гипотеза механизма биологического действия магнита, как и в случае омагничивания воды, не учитывает всего многообразия фактов: ведь столь же значительные изменения происходят с биологическими системами, вовсе не имеющими крови,— с растениями, простейшими организмами.

Ю. М. Мадиевский (Харьков) четко фиксировал значительное (на 20%) изменение поглощения воды различными тканями, побывавшими до этого в магнитном поле. Совсем уж парадоксально влияние магнитного поля на испарение воды из ткани! Скорость испарения повышается хотя и незначительно (на 2,5%), но статистически достоверно. (Вспомним о влиянии электромагнитных полей на испарение воды.)

Магнитобиология сейчас располагает огромным, трудно поддающимся обобщению и тем более объяснению запасом драгоценных сведений о влиянии магнитных полей на людей и животных. Если вначале такие сведения были получены при попытках применения магнитотерапии, то теперь появляется все больше и больше данных, полученных при проведении строгих, чисто биологических исследований.

Очень большое число наблюдений касается ориентации животных, птиц, насекомых и рыб в магнитном поле — искусственном или поле Земли. Некоторые зоологи считают, что именно геомагнитное поле ориентирует птиц в их перелетах, при этом отмечается влияние магнитных аномалий, в частности Курской. Энтомологи четко фиксируют влияние небольшого искусственного магнитного поля и геомагнитных бурь на двигательную активность насекомых.

Обширные работы медиков показали влияние искусственных магнитных полей на человеческий организм, особенно на центральную нервную систему, половые железы, легкие и почки. При этом отмечается, что переменное магнитное поле вызывает больший эффект, чем постоянное поле той же напряженности. Влияние магнитных полей на целостные организмы находится в определенном соответствии с их действием на системном, органном, клеточном и субклеточном уровнях — обычно отмечается определенное временное последействие.

К медицинским аспектам применения омагниченной воды относится и ее бактерицидное действие.

А. А. Шахов и С. С. Душкин подвергали магнитной обработке воду Северного Донца (скорость 1—2 м/сек, 4 электромагнита с различной напряженностью магнитного поля). Об эффекте судили по микробному числу и по коли-индексу. Коли-индекс, характеризующий количество в воде микроорганизмов, выделяемых человеком,—

кишечной палочки, является удобным косвенным признаком изменения количества болезнетворных микробов в воде; сама кишечная палочка в воде безвредна, но она гораздо более устойчива к внешним воздействиям, поэтому ее гибель (снижение коли-индекса) — верный признак гибели всех болезнетворных микробов. Результаты опытов приведены в табл. 8.

Таблица 8

Обеззараживание воды магнитной обработкой (в исходной воде микробное число 51 650, коли-индекс 960) [48]

Напряженность поля, эрстед	Степень обеззараживания, %			
	по микробному числу		по коли-индексу	
	скорость течения, м/сек			
	0,5	1,0	0,5	1,0
400	95,8	90,6	94,3	80,1
2400	—	—	96,3	97,1
4000	97,4	87,2	—	—
5600	—	—	95,4	81,1

Если учесть, что именно вода является основным рассадником холеры, дизентерии, туляремии и других заболеваний, а на обработку 1 м³ воды расходуется электроэнергия, стоимость которой не превышает сотые доли копейки, то станет ясной промышленная важность этих опытов.

Получены первые положительные результаты использования омагниченной воды в лечебных целях *. Имеются сообщения об успешном применении магнитного поля для лечения заболеваний сосудов, уменьшения мышечных болей, обработки консервированной крови и т. д. Сообщается о возможностях использования магнитного поля для диагностики [49]. Некоторые исследователи (например, М. А. Уколова, Е. Б. Квакина) при этом считают, что действие магнитного поля на целый организм аналогично действию других неспецифических раздражителей — тепла, холода, электрического тока, лекарственных веществ

* Кстати, покровитель медицины в древнем Вавилоне — бог Никазу — это «бог, знающий воду». Таков же и буквальный перевод с ассирийского слова «врач».

Поэтому действие магнитного поля на организм может быть разным в зависимости от напряженности, градиента и длительности, подобно тому как действие других раздражителей меняется в зависимости от силы или дозы.

В области омагничивания растений также имеется много публикаций, освещающих самые различные проблемы.

Периодичность действия полей разной напряженности при прорастании ржи показана А. И. Мочалкиным; Ю. И. Новицким (Москва) установлено влияние омагничивания семян помещением их в постоянное магнитное поле не только на всхожесть, но и на их магнитную восприимчивость.

Многими исследователями отмечено влияние магнитного поля Земли: всхожесть семян и последующий рост растений, оказывается, зависят от ориентации семян по отношению к геомагнитному полю, такая ориентация влияет и на пол растений. В. В. Аброськин (Москва), например нашел, что ориентация семян огурцов корешком зародыша на север в 1,5 раза увеличивает получение женских цветков.

В. Ю. Стрекова (Москва) и многие другие показали, что непродолжительное воздействие постоянных магнитных полей низкой напряженности (десятки эрстед) ускоряет темп роста растений. При этом изменяются обе фазы роста — эмбриональная и растяжения. Г. А. Тараканова (Москва) исследовала влияние слабых (10, 20, 60 и 100 эрстед) магнитных полей на процессы дыхания в связи с ростовой реакцией прорастающих семян. Опыты показали, что такие поля ускоряют темп роста овса, ржи, бобов. Это сопровождается снижением потребления кислорода в среднем на 15%. Исследователь отмечает, что зависимость темпов роста от напряженности магнитного поля в широком диапазоне (от 0,5 до 12 000 эрстед) может иметь несколько экстремальных и нулевых значений и что неоднородное магнитное поле по сравнению с однородным оказывает более сильное действие и дает более определенный эффект. Эти выводы очень сходны с зависимостями, характерными для омагничивания воды.

Магнитобиохимические исследования четко подтверждают чисто биологические данные, например изменение процессов окисления и активности ферментов в магнитном поле.

В разные годы В. Ф. Тишанькин и М. А. Шишло сообщили об изменении газообмена у мышей, если их поместить в магнитное поле. Под действием магнитного поля меняется и активность различных ферментов печени, особенно расположенных в митохондриях (где происходят основные реакции окислительного фосфорилирования). То, что магнитное поле увеличивает сопряженность окисления с фосфорилированием, подтверждено Житарю (Румыния) на ткани печени морских свинок и Г. А. Таракановой на растениях. Ю. А. Холодов считает, что магнитная обработка уменьшает скорость образования АТФ (аденозинтрифосфата), служащего своеобразным топливом для организма. Нехватка АТФ является основной причиной кислородного голодания организма, гипоксии. Ю. А. Холодов показал снижение устойчивости к недостатку кислорода у мышей, подвергнутых магнитной обработке.

В связи с «кислородными» эффектами омагничивания живого уместно вспомнить о проявлениях этих эффектов на аэробных и анаэробных бактериях: ранее мы упоминали о замеченном нами улучшении размножения аэробных бактерий при бактериальном выщелачивании ценных элементов из руд, есть данные (А. Шахова) о гибели анаэробных бактерий в воде после ее магнитной обработки. Следует еще вспомнить первые опыты, показавшие влияние магнитной обработки воды на концентрацию в ней кислорода, — тогда перед нами предстанет очень интересный комплекс различных сведений о поведении кислорода в связи с магнитной обработкой воды.

Приведенные примеры свидетельствуют о том, что действие магнитных полей на живые системы с полным правом можно включить в общую проблему магнитной обработки водных систем.

Биологи также приходят к мысли о важной роли воды в магнитобиологии. А. Г. Дудоладов и К. С. Тринчер предполагают, что внутриклеточная вода обладает особыми электрическими свойствами, являясь своеобразным сегнетоэлектриком. Поляризующее поле белковых молекул структурирует воду, определенное влияние оказывает при этом внешнее магнитное поле. А. Л. Бильдюкевич (Казань) полагает, что магнитное поле влияет на жидкокристаллические компоненты биологических систем. Все это пока первые робкие шаги, но первый шаг почти всегда самый трудный.

Говоря о влиянии магнитных полей на живое, следует подчеркнуть, что этим затрагивается лишь часть проблемы действия на живые системы электромагнитных волн. Электромагнитные поля с более высокой частотой также оказывают на них сходное влияние.

Первое экспериментальное подтверждение действия на человеческий организм сантиметровых радиоволн (10^{12} — 10^{7} гц) получили советские исследователи. Облучение такими волнами при крайне малой интенсивности, исключающей возможность заметного нагрева тканей, давало удивительные результаты: замедлялся ритм сердцебиения, понижалось кровяное давление. Ю. А. Холодов, А. С. Пресман и другие исследователи считают, что это связано с влиянием радиоволн на центральную нервную систему. Ю. Каменский тонким экспериментом подтвердил непосредственное влияние сантиметровых волн на нервное волокно — на его чувствительность к раздражению и скорость распространения биотоков в нервном волокне. Аналогичные эффекты наблюдались и при действии метровых, дециметровых и сантиметровых волн на мозг. А. С. Пресман пишет, что «в некоторых опытах отмечалось парадоксальное явление — эффект был более выраженным при слабых воздействиях, чем при более сильных», и «...эффекты могут даже усиливаться при уменьшении энергии воздействующего поля». Здесь естественно провести аналогию с периодической зависимостью изменения свойств воды при ее обработке магнитными полями различной напряженности.

Сантиметровые радиоволны влияют на инфузории парамеции примерно так же, как и низкочастотные магнитные поля. Имеется аналогия и во влиянии на внутриклеточные процессы, на бактерии, на биохимические процессы и на биологические молекулы (белковые и другие).

В связи с аналогией действия магнитных полей на живые и неживые водные системы особое значение приобретает влияние слабых полей. До сих пор при рассмотрении количественной характеристики магнитных полей многие магнитобиологи их делят на «слабые», «средние», «сильные» и «сверхсильные». При этом часто полагают, что магнитобиологические эффекты находятся в прямой зависимости от напряженности магнитного поля. Между тем, как мы уже неоднократно отмечали, водные системы чутко реагируют на поля невысокой напряженности, но обладающие

определенными частотой и градиентами. Сложившуюся в магнитобиологии ситуацию правильно оценивает А. А. Шульпеков: «Хотелось бы упомянуть о стремлении некоторых экспериментаторов направить свой творческий поиск в область более сильных магнитных полей в надежде получить более яркий, убедительный и неоспоримый эффект. Но полученный при этом экспериментальный материал часто оказывается отрицательным и лишь углубляет «пропасть отчуждения» между физиками и биологами. Требуя немедленных сатисфакций за неудачные или некорректно поставленные магнитобиологические эксперименты, некоторые физики сами в свою очередь некорректно вторгаются в область, весьма неисследованную, а потому требующую к себе максимум терпения и минимум поспешности в суждениях» [50].

* * *

Геологи находят богатейшие месторождения золота, алмазов и других ценных минералов по отдельным знакам. Найдут отдельную золотинку или кровавокрасный минерал пироп (спутник алмаза) и сразу насторожатся, сразу потянут за эту ниточку. Вероятно, уже имеется достаточно «знаков», чтобы привлечь внимание специалистов к использованию омагниченной воды в биологии и медицине, к магнитной обработке живых систем.

Глава 7

ГИПОТЕЗЫ, ПРОБЛЕМЫ

Обилие самых разнообразных фактов, связанных с магнитной обработкой воды, их непонятность, непостоянство и, наконец, вырисовывающаяся огромная практическая значимость не могли не породить попытки их объяснения. Возникло множество гипотез, столь же разнообразных, как и наблюдаемые эффекты.

Под гипотезой обычно понимается выдвинутое интуитивно, на эвристическом уровне, положение, поддающееся проверке, — обязательно поддающееся, иначе это будет просто фантазия. При выдвижении хорошей гипотезы большую роль играют простой здравый смысл, научная подготовка и владение всей совокупностью фактов.

Экспериментальное подтверждение гипотезы, даже статистически достоверное, не делает ее единственно правильной. Могут быть и другие гипотезы, столь же хорошо согласующиеся именно с этими результатами опытов. С другой стороны, исследователь никогда не может быть уверен, что предположил все возможные гипотезы.

Чтобы подтвердить гипотезу, обычно необходимо провести очень много опытов. Но достаточно хотя бы одного надежного экспериментального факта, не подтверждающего гипотезу, чтобы ее отбросить. Подчеркнем — надежного. Тут напрашивается аналогия с какой-либо спортивной игрой, например с теннисом: серии правильных ударов может оказаться недостаточно для выигрыша очка, но ценой одной ошибки можно его проиграть.

При проверке гипотезы полезно попытаться поставить ее в критические условия, или, как говорят, в условия большого риска, тогда быстрей и очевидней будет проверка. Но это возможно только при четкой формулировке гипотезы (что наблюдается далеко не всегда).

В нашем случае формальное и неполное рассмотрение проблемы приводит иногда к заключению, что магнитная

обработка воды, особенно абсолютно чистой, не способна изменить ее свойства. Прежде всего чрезмерно упрощенные расчеты с принятием допущения о термодинамической равновесности системы приводят к выводу, что небольшой энергии магнитного поля при невысокой магнитной восприимчивости воды недостаточно для того, чтобы «разорвать» водородные связи молекул воды или как-то еще изменить ее энергию. Такие расчеты показывают также, что энергия, сообщаемая неподвижной воде магнитным полем (напряженностью до 1000 эрстед), на 5—6 порядков меньше энергии теплового движения молекул воды — следовательно, действие магнитной обработки несопоставимо мало и практически не может быть замечено. Отмечается также, что если бы в воде и произошли какие-либо структурные изменения, то они должны были бы мгновенно исчезнуть после того, как вода покинет магнитное поле. Такое заключение делается на основании общих положений теории жидкостей, согласно которой время оседлого состояния их молекул равно всего 10^{-9} сек.

Особенностью этой концепции является бескомпромиссность главных положений, позволяющая проверить их «в условиях большого риска».

Начнем с того, что неточным является допущение о равновесности воды. Выше было показано, что вода и особенно ее растворы (являющиеся объектом магнитной обработки) относятся к системам неравновесным. К приведенным выше фактам и соображениям добавим лишь один пример: химикам хорошо известно, что свойства свежеприготовленных водных растворов стабилизируются не сразу; например свойства раствора хлорного хрома при комнатной температуре стабилизуются только через несколько месяцев.

Допущение отсутствия у водных растворов возможности медленной структурной перестройки также необоснованно. Приведенные выше экспериментальные данные свидетельствуют о наличии у воды, содержащей ничтожно малое количество примесей, определенной структурной «памяти». Следовательно, вода, содержащая примеси, может сохранять некоторое время новые свойства и по выходе из магнитного поля. (Надо заметить, что физики, считающие невозможным изменение свойств абсолютно чистой воды после магнитной обработки, гораздо

менее категоричны в случае присутствия в воде примесей.)

Наконец, последним необоснованным допущением является рассмотрение лишь одного случая — когда вода неподвижна в магнитном поле. Ведь одним из обязательных условий магнитной обработки водных систем является их течение в магнитном поле при пересечении градиентов напряженности поля с определенной частотой. Множество опытов обосновывает этот вывод. Вода, покоящаяся в магнитном поле, не является моделью магнитной обработки.

Все перечисленные неточные допущения приводят к тому, что негативная оценка возможности изменения свойств водных систем их магнитной обработкой не может считаться правильной.

Рассмотрим пристальней энергетическую сторону вопроса. Осуществление любого процесса, естественно, возможно лишь при соблюдении закона сохранения энергии; самопроизвольные же процессы протекают только с убылью свободной энергии данной системы. Необходимо полнее оценить, с одной стороны, количество энергии, затрачиваемой на магнитную обработку воды, с другой — изменение при этом энергии системы.

Количество энергии, сообщаемое воде, определяется не только энергией магнитного поля, но и механической энергией, затрачиваемой на ее перемещение в этом поле. Вклад последней может быть весьма значительным.

Для изменения структуры воды совершенно необязателен «разрыв» водородных связей (требующий затраты большого количества энергии). Достаточна гораздо менее энергоемкая деформация этих связей.

Как упоминалось, в воде всегда присутствуют ионы. Даже в абсолютно чистой воде неизбежно находятся продукты гидролитической диссоциации воды — ионы гидроксила и гидроксония. Нет никаких оснований считать, что после магнитной обработки воды эти ионы сохраняются в прежнем состоянии. Наоборот, имеется множество данных, свидетельствующих об изменении гидратации ионов и их пространственного расположения (вплоть до взаимной ассоциации). Эти причины могут уменьшить запас энергии системы и, следовательно, снизить количество энергии, затрачиваемое при магнитной обработке и необходимое для получения ожидаемого эффекта. Как

правильно отметил академик С. В. Вонсовский, «слабые магнитные взаимодействия могут играть роль курка, например в явлениях диффузии атомов в кристаллах, в химических реакциях, в биологических процессах и т. п.» И далее: «надо думать, что такая «направляющая» роль магнитных сил при их воздействии на вещество будет приобретать все большее значение в науке и технике».

Таким образом, нет теоретических предпосылок для утверждения, что энергии, сообщаемой водной системе при магнитной обработке, недостаточно для изменения ее свойств. Равным образом нельзя считать обоснованным отсутствие у водной системы «памяти», сохраняющей эти изменения в течение определенного времени.

Рассмотрим теперь возможные механизмы процессов, происходящих при магнитной обработке водных систем. Существующие многочисленные гипотезы удобней рассмотреть, объединив их предварительно в отдельные группы. Естественно, при этом мы остановимся лишь на основных положениях.

1. «Коллоидные» гипотезы, в основе которых лежит действие магнитных полей на коллоидные частицы, обладающие довольно большой магнитной восприимчивостью (пара- или ферромагнитные).

2. «Ионные» гипотезы, в которых основная ответственность возлагается на ионы, находящиеся в воде.

3. «Водяные» гипотезы, обосновывающие действие магнитных полей на собственно воду.

Все эти гипотезы не изолированны одна от другой, они как бы взаимопроникают.

Сторонники „коллоидных“ гипотез полагают, что взаимодействовать с магнитными полями в условиях магнитной обработки могут только пара- и ферромагнитные частицы субмикроскопических размеров, всегда присутствующие в воде. Ряд авторов (Е. Ф. Тебенихин, О. И. Мартынова, А. Н. Киргинцев, В. А. Зуборев и др.) считают, что появление таких частиц в водопроводной и технической воде связано с постоянным контактом воды с железом (трубами и т. п.) и его растворением. Поскольку pH воды обычно больше 5, ионы железа вначале образуют аморфные коллоидные частицы, проходящие в дальнейшем стадии упорядочения структуры и распада на мельчайшие кристаллики [20, 27, 51]. В дистилляте (и тем более бидистилляте) таких частиц, естественно, меньше.

Надо попытаться представить себе, как могут влиять коллоидные окислы железа на изменение свойств воды после ее магнитной обработки, и оценить экспериментальные данные, подтверждающие эти гипотезы или не укладывающиеся в их рамки. Начнем с последнего.

Имеется ряд работ, свидетельствующих о том, что после добавления солей железа еще более ускоряются процессы кристаллизации в омагниченной воде. Об этом писали В. М. Соколов, Ю. Л. Новожилов и др. Но особенно тщательные опыты опубликованы О. И. Мартыновой, Б. Т. Гусевым и Е. А. Леонтьевым [20]. Они пропускали сквозь магнитное поле тридистиллят и растворы в нем разных солей жесткости. Варьировалась напряженность магнитного поля, но скорость потока была постоянной и очень небольшой (0,1 м/сек). Было отмечено, что у «чистой» воды не наблюдается изменения физических свойств и выделения кристаллов, а у технологической воды и растворов эти изменения имеют место. Приготовляя растворы сульфата кальция на дистиллированной воде (концентрация железа 0,13—0,20 мг/кг) и на тридистилляте (железо в нем практически отсутствовало), авторы наблюдали влияние магнитной обработки на кристаллизацию только в первом случае. В. М. Соколов наблюдал увеличение эффектов в случае добавления к воде солей железа, но эффект был почти таким же, если добавляли соли железа после магнитной обработки. Таким образом показано, что в определенных условиях коллоидные частицы окислов железа положительно влияют на регулирование процессов кристаллизации магнитной обработкой воды.

Как же осуществляется это влияние?

Одни исследователи (например, В. И. Катков и Е. Ф. Тебенихин [28]) считают, что все дело в слипании мельчайших намагниченных частиц в агрегаты, которые являются центрами возникновения кристаллов. Но вряд ли это верно: ведь и начальные частицы могут явиться такими центрами. Слипание тонких частиц не меняет их поверхностных свойств, так как при этом не образуются единые крупные кристаллы.

Другие (например М. Л. Михельсон) подходят к вопросу более тонко, отмечая возможность изменения поверхностных свойств коллоидных ферромагнитных частиц при намагничивании. Может быть, это и так, но данный эффект

может влиять только на кинетику кристаллизации. А как же объяснить другие физико-химические эффекты, вызываемые магнитной обработкой? В. А. Зуборев предполагает возможность быстрой кристаллизации аморфных коллоидных частиц окислов железа при магнитной обработке воды. Трудно представить себе, как может осуществиться такая кристаллизация за доли секунды при столь небольших магнитных полях.

Обычно считается, что ферромагнитные частицы, вероятней всего, представлены в воде минералом магнетитом (Fe_3O_4). Еще Вермайерн отмечал, что магнитная обработка может перевести гидроокись железа в «порошкообразный магнетит черного цвета». О концентрации черного порошкообразного магнетита на не защищенных от коррозии стальных частях магнитных аппаратов писали А. Н. Киргинцев и В. М. Соколов, Ю. Л. Новожилов и др.

Однако А. И. Горшков привел ряд убедительных данных, свидетельствующих о малой вероятности нахождения коллоидного магнетита в технических водах. Этот вывод он делает, рассмотрев условия термодинамической устойчивости гидроокисей железа в воде в присутствии его двух- и трехвалентных ионов и подкрепив полученные результаты экспериментами [28].

А. И. Горшков брал разбавленные растворы хлористого железа (при концентрации железа от 1 до 10 мг/л), из раствора кислород вытеснялся инертным газом (аргоном). Измерением pH среды и окислительного потенциала в соответствии с диаграммой Пурбэ определялось, возможно ли образование в данных условиях магнетита. Оказалось, что для окисления 1 мг двухвалентного железа в воде требуется очень небольшое количество кислорода — всего 0,143 мг, это значительно меньше имеющегося в водах, контактирующих с атмосферой. «Магнетит образовался только при очень высокой — нереальной в природных условиях — первоначальной концентрации двухвалентного железа — порядка 100—500 мг/л» [28]. А. И. Горшков полагает, что наблюдавшееся образование магнетита на не защищенных от коррозии частях магнитных аппаратов происходит лишь в месте контакта содержащейся в воде гидроокиси железа с металлическим железом при недостатке кислорода.

Кроме магнетита ферромагнитными свойствами обладают и некоторые кристаллические модификации Fe_2O_3

(так называемые гамма-Fe_2O_3), их количество в воде трудно-определимо.

Таким образом, «колоидные» гипотезы должны рассматривать в основном действие парамагнитных частиц. Возможность их активного участия в процессе магнитной обработки меньше, чем частиц ферромагнитных.

По поводу всей «коллоидной» группы гипотез можно заметить следующее. Конечно, парамагнитные субмикроскопические частицы (если они существуют в достаточном количестве) могут играть определенную роль при магнитной обработке водных систем. Они могут влиять прежде всего на процессы кристаллизации. Но многие другие эффекты, отмечаемые достаточно надежными опытами различных авторов и промышленной практикой, не объясняются и не усиливаются в присутствии железа. Не исключено также, что коллоидные частицы, намагнитившись, производят дополнительную магнитную обработку близлежащих слоев воды.

Кстати, эта группа гипотез может быть легко проверена «в условиях большого риска». Е. В. Верижская, Т. В. Денисов, С. А. Репринцева и другие, работая с водными растворами неорганических кислот при pH порядка 2, не насыщенными по железу, отмечали различные эффекты магнитной обработки. В таких растворах коллоидные частицы окислов железа не могут существовать — они просто растворятся!

Нам кажется, что «коллоидные» гипотезы не имеют общего характера и нуждаются в дальнейшем экспериментальном обосновании.

«Ионные» гипотезы имеют больше модификаций, чем «коллоидные», и в ряде случаев теснее связаны с «водяными» гипотезами. В основе «ионных» гипотез лежит действие магнитных полей на перемещающиеся в них ионы. Возникающие при этом силы Лоренца определяются уравнением

$$F = KquH\sin/\alpha,$$

где q — заряд иона, H — напряженность магнитного поля, u — скорость перемещения иона, α — угол между направлением поля и движением иона и K — коэффициент пропорциональности. Силы Лоренца возрастают с увеличением заряда иона, напряженности поля, скорости потока и степени перпендикулярности пересечения ими линий

магнитного поля. Положительно и отрицательно заряженные ионы (катионы и анионы) под действием сил Лоренца отклоняются в противоположные стороны.

Большинство сторонников «ионных» гипотез подчеркивают роль влияния магнитных полей на гидратацию ионов. Ранее упоминалось, что все ионы, находящиеся в растворе, окружены толстой оболочкой молекул воды. Чем дальше от иона, тем слабее связаны с ним эти молекулы. Гидратация ионов во многом определяет их поведение в растворе — она влияет на скорость передвижения ионов, на условия их взаимного сближения и адсорбции на разделах фаз. Чем больше и устойчивей гидратная оболочка, тем труднее перемещаться ионам в воде и сближаться друг с другом или адсорбироваться.

О возможности влияния магнитной обработки на гидратацию ионов упоминается многими исследователями начиная с Пиккарди. Но прямые доказательства этого явления получены лишь в последние годы (см. гл. III). Мы уже отмечали, что магнитная обработка растворов значительно (на 20—40%) увеличивает сорбционную емкость ионитов. Это возможно в том случае, когда ионы получают возможность проникать в более узкие поры ионитов. Менее гидратированные ионы как раз обладают такой способностью.

Интересные данные получены В. И. Миненко. Два сосуда разделялись полупроницаемой мембраной, например пленкой коллодия (рис. 36). В сосуды наливался раствор хлористого кальция, обычный и омагниченный, и измерялась сила тока при перемещении анода и катода из одного сосуда в другой. Оказалось, что при этом фиксируется разная сила тока. Следовательно, ионы, находящиеся в обычном и омагниченном растворе, по-разному проходят сквозь поры мембраны, т. е. обладают различной «гидратной шубой».

Причин временного изменения гидратации ионов в магнитном поле может быть несколько. Остановимся здесь только на одной, разобранной, в частности, В. И. Миненко. При быстром пересечении ионами магнитного поля с достаточно большим градиентом ионы рывком, со значительным ускорением, смещаются в сторону, и внешняя часть окружающих их гидратных оболочек на мгновение деформируется, становится асимметричной. Это облегчает взаимосцепление ионов, контактирующих с более тонкими

гидратными оболочками. Ц. Дьюлаком показано, что и зародыши новой фазы образуют преимущественно ионы с нарушенными гидратными оболочками. Так ускоряется образование кристаллов при выделении солей из растворов.

Следует заметить, что флуктуация концентрации ионов, стягивание их в отдельные участки, может объяснять и многие другие физико-химические эффекты, наблюдаемые после магнитной обработки. Ассоциация ионов и тем более образование зародышей твердой фазы может проходить быстрее и не вполне обратимо. Этим может объясняться «память» воды после магнитной обработки.

Концентрация ионов в отдельных микроучастках объема воды связана с обеднением ионами других ее объемов, приобретающих при этом повышенную растворяющую способность. С этим может быть связано ускорение растворения в воде ряда веществ (сопутствующее ускорению кристаллизации).

Возрастание адсорбции ионов на поверхности твердых частиц может изменять их заряд и, следовательно, склонность ко взаимному слипанию (коагуляции) или отталкиванию (пептизации).

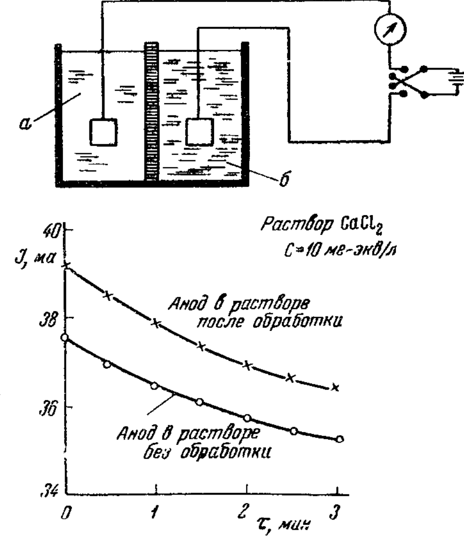


Рис. 36. Изменение проницаемости мембраны ионами, находящимися в обычном растворе (*а*) и омагниченном (*б*)

Изменение гидратации ионов и их распределения в объеме воды не может не влиять на ее структуру со всеми вытекающими из этого физико-химическими последствиями.

Если считать «ионную» гипотезу правомочной, то можно объяснить в качественной форме и наблюдавшееся различие влияния отдельных ионов на эффективность магнитной обработки воды. Изменение гидратации ионов зависит от ряда факторов — их заряда, склонности к гидратации, скорости потока, градиента поля, температуры. Вероятность «реализации» временной деформации и уменьшения гидратной оболочки ионов зависит от их ассортимента и концентрации, а также от теплового движения (температуры). Кстати, с позиций «ионной» гипотезы может быть объяснено и влияние добавления солей железа.

Все это, повторяем, качественные начальные представления. Их, конечно, нужно и, по-видимому, можно перевести на язык математики, придав им количественный характер. Тогда гипотеза перейдет в закон. Но это может быть достигнуто только в результате серьезных исследований. Прежде всего надо тщательно исследовать влияние отдельных ионов и их соотношений с варьированием буквально всех факторов, влияющих на этот сложный и «хитрый» процесс.

Другое объяснение возможной роли ионов при магнитной обработке воды связано с возникновением при этом электрического тока. В присутствии ионов вода приобретает известную электропроводность, и при перемещении в магнитном поле в ней возбуждается электрический ток. Это отмечалось в общей форме нами, П. С. Стукаловым с соавторами, М. Ф. Скалозубовым с соавторами и другими исследователями. Непосредственные измерения, проведенные при магнитной обработке воды в промышленном аппарате, подтвердили это положение [14]. Своеобразное действие на воду сочетания магнитного поля и слабого электрического тока подтверждается и опытами магнитоэлектрической обработки воды, осуществляемой в аппаратах центробежного типа (см. рис. 13). Электрический ток может оказывать значительное влияние и на гидратацию ионов.

Третье направление возможного действия ионов при магнитной обработке воды — возникающая при этом пульсация давления.

Е. З. Гак расчетами показала, что при протекании через магнитное поле воды, содержащей ионы, благодаря силам Лоренца возникают гидродинамические колебания разной частоты. Механизм их влияния на свойства воды может быть различным. Представляется интересным проследить, как влияют такие пульсации плотности на флуктуацию концентрации растворенных газов. В соответствии с законом Генри, в микрообъемах с пониженным давлением должны скапливаться молекулы растворенных газов. При слишком большом перепаде давления это приводит к возникновению устойчиво существующих зародышей пузырьков. При меньшем же перепаде давления могут образовываться предзародышевые местные скопления молекул газа, значительно изменяющие структуру воды. В том и другом случае взаимодействие газов с поверхностями раздела фаз может сказываться на их гидратации.

«Водяные» гипотезы в чистом виде основаны на возможности изменения свойств воды в зависимости от степени и характера ассоциации ее молекул.

Нами было высказано предположение об изменении структуры воды на основе явлений резонансного типа [11]. Молекулы воды и их ассоциаты (как и гидратированные ионы) совершают беспрерывные колебательные движения, которым соответствует определенный энергетический уровень. При воздействии на эту систему поля определенной частоты возможен его резонанс с определенной группой ассоциатов с возникновением квантов энергии, способных нарушить (деформировать) водородные связи. Периодическое изменение свойств воды с ростом напряженности магнитного поля может быть связано с формулой Лармора, согласно которой прецессия электронов в магнитном поле линейно связана с его напряженностью. По мере изменения напряженности магнитного поля и, следовательно, его частоты могут периодически возникать резонансные системы. Кстати, последние результаты экспериментальной и теоретической физики твердого тела показывают, что магнитные свойства твердых тел обладают немонотонной осциллирующей зависимостью от внешнего магнитного поля. Например, имеются периодические изменения гальваномагнитных свойств металлов с ростом напряженности магнитного поля.

Это объясняется физиками перестройкой под действием

магнитного поля электронного спектра твердого тела и, следовательно, характера межмолекулярных взаимодействий. Такие процессы вызываются как магнитными, так и электрическими полями (эффекты Зеемана и Штарка для атомов и молекул). Поэтому изменение свойств воды может происходить под действием не только магнитного, но и электрического поля и их комбинации или переменного электромагнитного поля.

А. Н. Киргинцев развил гипотезу о диспергирующем действии магнитного поля на агрегаты молекул воды. Рассматривая воду как «набор агрегатов» молекул, обладающих известным поверхностным натяжением, он отметил, что изменение крупности агрегатов не вызывает значительного изменения свободной энергии воды. Значит, для диспергирования агрегатов не требуется затраты большой энергии, и этот процесс вполне вероятен в условиях магнитной обработки.

Л. Д. Кисловский привлек внимание к возможной роли «больших ионов» — водных структур, образованных одиночными ионами, связанными особым образом с достаточно большим числом молекул воды. Он основывается на представлениях Л. Полинга (1959 г.) о наличии в воде клатратных структур, играющих основную роль при образовании газгидратов. Такие структуры могут существовать в воде тем дольше, чем лучше соответствуют размерам полостей сидящие в них молекулярные образования. Рассмотрев ряд возможных «заполнителей», Л. Д. Кисловский остановился на ионе кальция, обосновав при этом вероятность образования так называемых гексааквакомплексов кальция, в центре которых находится ион кальция (рис. 37, слева). Диаметр этого комплекса, равный 5,16 ангстрем, хорошо соответствует диаметру одной из полостей клатратной структуры (5,2 ангстрем). Это приводит к образованию больших метастабильных ионов (рис. 37, справа), которые могут значительно изменять структуру и свойства воды. Такие ионы могут стать участниками процессов, рассматриваемых ионными гипотезами. Заметим, что не только ионы кальция могут быть заполнителями клатратных пустот, выше мы говорили о возможности появления и других заполнителей. Л. Д. Кисловский приводит ряд интересных соображений относительно роли таких «больших ионов» в различных биологических процессах [9].

Имеется также ряд гипотез, предполагающих изменение молекул воды — величины угла между линиями, соединяющими атомы водорода с атомом кислорода, орто- и параположения водорода и др. Однако их рассмотрение увело бы нас слишком далеко.

Следует остановиться еще на двух вопросах.

Могут ли небольшие изменения свойств воды приводить к заметным, значимым для практики эффектам? Наверное, могут. Известно множество примеров того, что

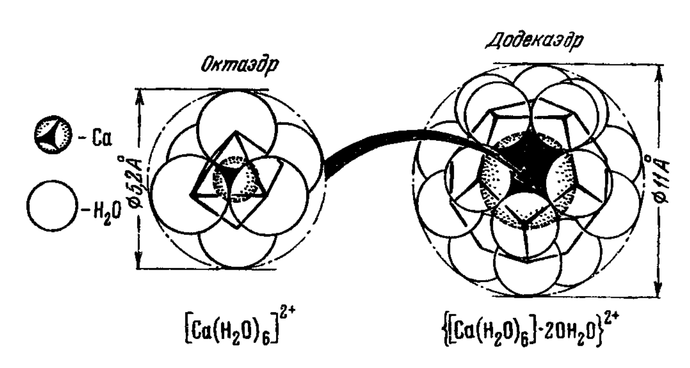


Рис. 37. Схема гексааквакомплекса кальция и структурирования им воды

очень небольшие изменения отдельных измеряемых констант приводят к просто небывалым эффектам. Особенно показательны в этом отношении системы, состояние которых близко к критическим точкам. Известно также, сколь радикально изменяются физические свойства многих сверхчистых веществ при добавлении к ним ничтожных количеств примесей.

Теория «малых причин», вызывающих большие следствия, обычно учитывает весь цепной процесс, возникающий при небольших изменениях. При магнитной обработке водных систем такими усилителями эффектов являются, по-видимому, примеси разного рода — ионы, взвеси, растворенные газы. Например, изменение концентрации газов, адсорбционной способности и подвижности ионов и т. п. может сильно изменить многие физико-химические и связанные с ними технические и биологические процессы.

Должна ли существовать обязательно одна-единственная универсальная гипотеза, объясняющая все стороны

магнитной обработки водных систем? По-видимому, нет. С одной стороны, большинство процессов, положенных в основу отдельных гипотез, взаимосвязаны. С другой стороны, отдельные физико-химические процессы могут отзываться на различные изменения, происходящие с водой.

* * *

Выяснение основ механизма явлений, происходящих при магнитной обработке различных водных систем, принципиально важно не только для науки, но и для практики. Только таким путем удастся «расширить» узкие места этой новой интересной проблемы.

ЛИТЕРАТУРА

1. *В. А. Карцев.* Трактат о притяжении. М., «Советская Россия», 1968.
2. *Giorgio Piccardi.* The Chemical Basis of Medical Climatology. U. S. A., 1962.
3. *А. Л. Чижевский, Ю. Г. Шишина.* В ритме Солнца. М., «Наука», 1969.
4. *Дж. Бернал, Р. Фаулер.* Структура воды и ионных растворов. «Успехи физических наук», 1934, т. 14, вып. 5.
5. *О. Я. Самойлов.* Структура водных растворов и гидратация ионов. М., Изд-во АН СССР, 1957; Сб. «Состояние и роль воды в биологических объектах». М., «Наука», 1967.
6. *С. Ш. Бык, В. И. Фомина.* Газовые гидраты. «Успехи химии», 1968, т. 37, вып. 6.
7. *Ю. А. Сикорский, Г. И. Вертепная, М. Г. Красильник.* Физические свойства талой воды. «Известия вузов. Физика». 1959, № 3.
8. *Э. В. Миллер, В. И. Классен, А. Д. Кущенко.* О самопроизвольном уменьшении плотности воды, сконденсированной из пара. «Доклады АН СССР», 1969, т. 184, № 1.
9. «Структура и роль воды в живом организме». Сб. статей. Изд. Ленинградского университета. Под ред. М. Ф. Вукса и А. И. Сидоровой, 1966, № 1; 1968, № 2; 1970, № 3.
10. *Ф. А. Летников и др.* Влияние температурной активации на свойства гидротермальных растворов. «Геология и геофизика», 1968, № 12.
11. *В. И. Классен и др.* К вопросу изменчивости свойств воды при ее перемещении; Аномальное изменение электропроводности в покоящейся и движущейся воде. Сб. «Новые методы повышения эффективности обогащения полезных ископаемых.» М., «Наука», 1968; К вопросу о структурных особенностях воды. Сб. «Обогащение угля и химическая переработка», 1969, т. XXV, вып. 2.
12. «Влияние солнечной активности на атмосферу и биосферу Земли». Сб. статей. «Наука», 1971.
13. *В. И. Миненко.* Магнитная обработка водно-дисперсных систем. Киев, «Техника», 1970.
14. *П. С. Стукалов, Е. В. Васильев, Н. А. Глебов.* Магнитная обработка воды. Л., «Судостроение», 1969.
15. *K. M. Iohi, P. V. Kamat.* Effekt of Magnetic Field on the Physical properties of Water. «Yournal of the Indian Chemical Society», 1966, v. XLIII, № 9.

16. *Ф. И. Кукоз, Г. К. Чернов, М. Ф. Скалозубов.* Об условиях магнитной обработки водных растворов. «Промышленная энергетика», 1965, № 2.
17. «Акустическая и магнитная обработка веществ». Сб. статей. Изд. Новочеркасского политехнического института, 1966.
18. *В. И. Классен и др.* Изменение инфракрасного спектра поглощения разбавленного раствора H_2O в D_2O после прохождения сквозь магнитное поле. «Доклады АН СССР», 1968, т. 183, № 5; *В. И. Классен и др.* Изменение колебательного спектра поглощения молекул воды, растворенной в органических растворителях, после прохождения сквозь магнитное поле. «Доклады АН СССР», 1971, т. 197, № 5; *Г. Ерыгин, В. И. Классен.* Изменение после магнитной обработки ИК-спектров водных растворов спирта, измеренного методом многократно нарушенного полного внутреннего отражения. «Доклады АН СССР», 1972, т. 205, № 4.
19. *В. И. Классен, Ю. З. Зиновьев.* О влиянии магнитной обработки воды на агрегативную устойчивость суспензий. «Коллоидный журнал», 1967, XXIX, № 5; *В. И. Классен, В. И. Литовко, Э. И. Русская.* Влияние предварительной магнитной обработки воды на свойства осадков суспензий. Сб. «Вопросы теории и практики обогащения руд». М.— Л., «Наука», 1971.
20. *О. И. Мартынова, Б. Т. Гусев, Е. А. Леонтьев.* К вопросу о механизме влияния магнитного поля на водные растворы солей. «Успехи физических наук», 1969, т. 98, вып. 1.
21. Применение магнитной обработки воды в энергетике. Сб. «Совещание НТО энергетической промышленности». Новосибирск, 1967.
22. *А. М. Крапивин, Ю. В. Кривуша, Р. Б. Люкевич.* О структуре и характере накипи при магнитной обработке воды. Сб. «Рабочие процессы в теплоиспользующих установках», вып. 113. Днепропетровск, 1970.
23. *G. Müller, H. Marscher.* Mineralscheidungen aus «magnetisiertem» Wasser. «Physikalische Blätter», 1966, 22, № 8. Baden.
24. *В. И. Классен.* Изменение смачиваемости твердых тел водой после воздействия на нее магнитного поля. «Доклады АН СССР», 1965, т. 166, № 6; *В. И. Классен, Г. Н. Хажинская, С. А. Стецкая.* Об избирательном изменении смачиваемости некоторых минералов водой после ее магнитной обработки. «Известия вузов. Цветная металлургия», 1970, № 3.
25. *А. Н. Гребнев, В. И. Классен, Л. К. Стефановская.* Изменение физико-химических свойств растворов поверхностно-активных полуколлоидов после обработки магнитным полем. «Коллоидный журнал», 1969, XXXI, № 1.
26. *Б. П. Татаринов, Е. А. Кирий.* Исследование некоторых вопросов обработки воды в магнитном поле. Труды Ростовского института железнодорожного транспорта, вып. 48, 1964.
27. *Е. Ф. Тебенихин, Б. Т. Гусев.* Обработка воды магнитным полем в теплоэнергетике. М., «Энергия», 1970.
28. «Вопросы теории и практики магнитной обработки воды и водных систем». Сб. статей под ред. В. И. Классена. ЦИТЭИ Министерства цветной металлургии СССР. М., 1971.
29. *Д. М. Агаларов.* Исследование влияния магнитного поля на соле-

отложение в трубах при эксплуатации нефтяных скважин. «Нефтяное хозяйство», 1965, № 10.
30. *А. И. Тихонов, В. Я. Мягков.* Способ предотвращения отложения парафина на стенках труб фонтанных скважин. Авт. свидетельство № 134263. Бюлл. изобретений, 1962, № 24; *Я. М. Коган и др.* Лабораторные исследования и промысловые испытания влияния переменного электромагнитного поля на образование смоло-парафиновых отложений. Сб. «Борьба с отложениями парафина». М., «Недра», 1965.
31. *В. А. Улазовский, С. А. Ананьина.* Влияние омагниченной воды затворения на процессы кристаллизационного твердения цементного камня. Волгоград, 1970; *Д. С. Михановский, Я. Л. Арадовский, Э. Л. Леус.* Пластификация бетонной смеси магнитной обработкой воды затворения на домостроительных заводах. ЦНТИ по гражданскому строительству и архитектуре. М., 1970; *А. И. Бережной* и др. О промышленном применении магнитной обработки при цементировании газовых скважин. Научно-технический сборник Министерства газовой промышленности, № 4. М., 1968.
32. *А. И. Шахов, А. В. Ширяев, С. С. Душкин.* Исследование влияния магнитного поля на процесс коагуляции примесей в воде. «Известия вузов. Строительство и архитектура», 1963, № 11—12; «Коммунальное хозяйство», 1964, вып. 1.
33. *Ю. З. Зиновьев и др.* Магнитная обработка флотационных хвостов для улучшения их сгущения. «Уголь», 1968, № 3; *В. И. Классен и др.* Улучшение сгущения шламов на фабрике им. Артема с помощью магнитной обработки. «Кокс и химия», 1972, № 10.
34. *В. И. Классен и др.* Школа по обмену опытом физической активации воды, пульпы и реагентов при обогащении руд. «Цветные металлы», 1971, № 11.
35. *Н. И. Елисеев, Н. В. Кирбитова, В. И. Классен.* К влиянию магнитной обработки растворов реагентов на флотацию. «Доклады Академии наук СССР», 1973, т. 209, № 2.
36. *Г. С. Агафонова, В. И. Классен, Ю. А. Мартьянов.* Способ интенсификации бактериального выщелачивания меди. «Цветные металлы», 1970, № 5.
37. *В. И. Классен, А. Р. Соцкий, А. В. Говоров.* Об улавливании пыли при бурении с промывкой водой, прошедшей магнитную обработку. «Горный журнал», 1968, № 5; *Ю. З. Зиновьев и др.* Улучшение мокрого улавливания угольной пыли магнитной обработкой воды. «Уголь», 1970, № 3.
38. *В. А. Мартыненко, Г. И. Рудовский.* Влияние воды, подвергнутой магнитной обработке, на процесс агломерации. «Металлург», 1967, № 5.
39. *Т. Кочкина и др.* Омагниченная вода как фактор повышения прочности песчано-цементных формовочных смесей; *А. Чумакова и др.* Исследование влияния омагниченной воды на свойства формовочных смесей. Сб. «Прогрессивные методы и процессы в литейном производстве». Волгоград, 1969.
40. *Л. В. Худобин, А. Л. Глузман, В. Ф. Гурьянихин.* Магнитная обработка смазочно-охлаждающих жидкостей. «Синтетические алмазы», 1972, № 3.

41. Pure Water by Marnetisni. «The Chemical World this Week», 1970. June, 8.
42. «Совещание по изучению влияния магнитных полей на биологические объекты, 20—22 сентября 1966 г. Тезисы докладов». М., «Наука», 1966.
43. *К. С. Тринчер.* О структурированной воде, прилегающей к поверхностному слою эритроцитов. Сб. «Состояние и роль воды в биологических объектах». М., «Наука», 1967.
44. «Материалы Второго всесоюзного совещания по изучению влияния магнитных полей на биологические объекты, 24—26 сентября 1969 г.». М., «Наука», 1969.
45. *Т. А. Золотарева.* Допосевная обработка семян. Сб. «Сахарная свекла в РСФСР», вып. 4. Воронеж, 1969; *Т. А. Золотарева и др.* Предпосевная обработка семян омагниченной водой. «Сахарная свекла», 1968, № 5.
46. *Ю. А. Холодов.* Магнетизм в биологии. М., «Наука», 1970.
47. *А. С. Пресман.* Электромагнитные поля и живая природа. М., «Наука», 1968.
48. *А. И. Шахов, С. С. Душкин.* Применение магнитной обработки для снижения бактериальной загрязненности воды. «Городское хозяйство Москвы», 1965, № 10; *они же.* Бактерицидное действие внешнего магнитного поля на воду. «Гигиена и санитария», 1965, № 9.
49. *Г. Р. Соловьева.* Состояние и перспективы применения постоянного магнитного поля в медицине. «Медицинская техника», 1970, № 3.
50. «Влияние магнитных полей на биологические объекты». Сб. статей. М., «Наука», 1971.
51. *В. А. Зуборев.* О роли коллоидной гидроокиси железа в процессе магнитной обработки воды. «Коллоидный журнал», 1971, т. 33, № 4.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Вилли Иванович Классен

ВОДА И МАГНИТ

Утверждено к печати
редколлегией серии научно-популярных изданий
Академии наук СССР

Редактор издательства *Н. Б. Прокофьева*
Художник *В. Хлебников*
Художественный редактор *В. Н. Тикунов*
Технический редактор *Н. П. Кузнецова*

Сдано в набор 28/VIII 1973 г.
Подписано к печати 31/X 1973 г.
Формат 84x108$^{1}/_{32}$. Бумага № 1
Усл. печ. л. 5,9 Уч.-изд. л. 5,7.
Тираж 27000 экз. Т-17022. Заказ № 2850
Цена 20 к.

Издательство «Наука»
103717 ГСП, Москва, К-62, Подсосенский пер., д. 21

2-я типография издательства «Наука».
121099, Москва, Г-99, Шубинский пер., 10